

Kantonsschule Schaffhausen

Maturaarbeit 2005

Chemie

# **Antibabypille – Segen oder Fluch?**

Chemisch und biologisch betrachtet



Manuela Schläpfer

Betreuungsperson: Dr. R. Steiger



# Inhaltsverzeichnis

<b>Antibabypille – Segen oder Fluch?</b> .....	1
Inhaltsverzeichnis .....	3
Vorwort.....	5
Zusammenfassung .....	7
1. Kapitel 1: Der Entwicklungsweg der Antibabypille.....	9
1.1. Einleitung.....	9
1.2. Lernziele .....	9
1.3. Entwicklungsweg.....	9
1.4. Aufgaben .....	12
2. Kapitel 2: Wichtige Substanzen unseres Stoffwechsels .....	13
2.1. Einleitung.....	13
2.2. Lernziele .....	13
2.3. Verschiedene Stoffe und deren Wirkung.....	13
2.4. Nervensystem .....	20
2.5. Aufgaben .....	21
3. Kapitel 3: Der weibliche Zyklus.....	23
3.1. Einleitung.....	23
3.2. Lernziele .....	23
3.3. Der Hormonhaushalt während des normalen Zyklus .....	23
3.4. Hormone .....	23
3.5. Biochemie des weiblichen Monatszyklus.....	25
3.6. Aufgaben .....	26
4. Kapitel 4: Die Pille .....	27
4.1. Einleitung.....	27
4.2. Lernziele .....	27
4.3. Verschiedene Pillen .....	27
4.4. Vorteile der Pille.....	30
4.5. Nachteile der Pille .....	30
4.6. Alternativen zur Pille.....	31
4.7. Aufgaben .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
5. Kapitel 5: Einflüsse der Pille auf die Umwelt .....	33
5.1. Einleitung.....	33
5.2. Lernziele .....	33
5.3. Endokrin wirkende Stoffe.....	34
5.4. Verweiblichung der männlichen Fische .....	35
5.5. Was bewirken hormonaktive Stoffe im Wasser beim Menschen? .....	36
5.6. Forschungsprojekte bzw. Lösungsvorschläge der Schweiz und der EU .....	37
5.7. Situation in der Schweiz .....	40
5.8. Neueste Meldungen .....	40
Schlussfolgerung .....	43
6. Kapitel 6: Experimente .....	45
6.1. Einleitung.....	45
6.2. Experiment 1: Abtrennen des Bindemittels.....	46
6.3. Experiment2: Dünnschichtchromatographie .....	47
6.4. Resultate .....	49
7. Kapitel 7: Glossar .....	51
8. Anhang.....	57
8.1. Lösungen .....	57
8.2. Literaturverzeichnis .....	62



## Vorwort

Diese Maturaarbeit soll Lehrpersonen als Leitprogramm dienen, um den Schülern und Schülerinnen der Mittelstufe das Thema Antibabypille näher zu bringen. Dabei geht es nicht darum, ihnen dieses beliebte Verhütungsmittel attraktiv beziehungsweise unattraktiv zu machen, sondern sie über noch unbekannte Aspekte in Kenntnis zu setzen. Es soll ihnen klar werden, was die eingenommenen Hormone vollbringen respektive anrichten können. Die meisten von ihnen scheinen der Medizin und den dazugehörigen Arzneimitteln blind zu vertrauen, und machen sich keine grossen Gedanken über allfällige Nebenwirkungen. Sie halten es für selbstverständlich, dass jene Produkte, die auf dem Markt sind, erforscht und als einwandfrei erklärt wurden. So auch die Antibabypille.

Viele der in dieser Arbeit verwendeten Quellen stammen aus dem Internet, ein Grossteil davon wiederum von Wikipedia. Dort werden die ins Netz gestellten Informationen allerdings ständig bearbeitet, weshalb es geschehen kann, dass einige der angegebenen Adressen nicht mehr verfügbar, oder stark abgeändert vorzufinden sind.

An dieser Stelle möchte ich einige Personen aufführen, die mich bei meiner Arbeit tatkräftig unterstützt und motiviert haben:

Ein grosses Dankeschön geht an meinen Betreuer, Herrn Dr. R. Steiger, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Doch auch Herr W. Treichler des Kantonalen Labors, Frau Prof. M. Schlumpf von der Universität Zürich, die mich beide mit informativem Material versorgt haben, waren mir eine grosse Hilfe. Das gleiche gilt für Frau Perrin von der Bahnhofsapotheke Schaffhausen, die mir Gratismuster diverser Antibabypillen zukommen liess. Herrn K. Herrmann, möchte ich ebenfalls für seine Hilfe und Unterstützung danken, die er mir im Labor entgegenbrachte.

Herzlichen Dank an die EAWAG und an das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), welche mir umfangreiche Informationsbroschüren aushändigten. Ohne diese von vielen Seiten kommende Unterstützung wäre meine Maturaarbeit nicht möglich gewesen.

Meiner Familie und meinen Freunden möchte ich ganz speziell dafür danken, dass sie immer für mich da waren. So beispielsweise Happy, dessen Türe immer offen stand, wenn es Probleme mit dem Bearbeiten der Bilder gab, oder Rebi, die stets ein offenes Ohr für Probleme, und meistens die passende Lösung dafür, parat hatte. Danke an alle, die meinen Text durchgelesen, und mir allfällige Verbesserungsvorschläge gemacht haben!



## Zusammenfassung

Nach einem kurzen Überblick im ersten Kapitel über die Geschichte der Verhütungsmittel im Allgemeinen erhalten die Schüler und Schülerinnen einige Informationen zur Entstehung der Antibabypille. Dazu gehört auch eine kurze Biographie des Erfinders. Das zweite Kapitel stellt einen Exkurs in den menschlichen Organismus dar, genauer gesagt werden einige Stoffklassen betrachtet, die in Zusammenhang stehen mit den Bestandteilen der Antibabypille (z. B. Hormone). So soll das dritte Kapitel, welches sich mit den Vorgängen des weiblichen Körpers befasst, besser nachvollziehbar sein. Mit Hilfe dieser drei Kapitel arbeitet man sich allmählich bis zum vierten Kapitel vor, welches diverse hormonelle Verhütungsmittel vorstellt. Diese Übersicht erlaubt es den Jugendlichen, persönlich abzuwägen, welches wohl für sie persönlich beziehungsweise ihre Partnerin das beste Verhütungsmittel darstellen würde. Im fünften Kapitel wird über Nebeneffekte gesprochen, die der Bevölkerung weniger geläufig sein werden. Dabei geht es hauptsächlich um einige der biologischen Wirkungen der Antibabypille. Trotz der Unwissenheit der Bevölkerung über diese Aspekte der Pillen wurde mittlerweile eine Vielzahl an Projekten, deren Ziel es ist, diese negativen Folgen auszuräumen, ins Leben gerufen. Einige solcher Projekte der Schweiz und der EU werden hier erwähnt und kurz vorgestellt. Das sechste Kapitel besteht aus Anleitungen für Experimente, die mit der Klasse im Labor durchgeführt werden können. Die dafür benötigten Materialien sind am Anfang des jeweiligen Laborberichts aufgelistet. Ziel dieser Versuche ist es, dass die Schüler und Schülerinnen eigene Resultate erhalten und interpretieren können. Anschliessend ist es möglich, diese mit den Ergebnissen im Anhang zu vergleichen. Das siebte Kapitel, das Glossar, dient dazu, die Lektüre der Unterlagen verständlicher zu machen. Alle im Text fett geschriebenen Begriffe, werden dort genauer erläutert. Auf diese Weise sollte das selbständige Erarbeiten einzelner Abschnitte oder Kapitel problemlos funktionieren. Zusätzlich, als eine Art persönliche Lernkontrolle, finden sich am Ende jedes Kapitels einige Fragen, die sich auf den bearbeiteten Text beziehen. Die dazugehörenden Lösungen liegen ebenfalls dem Anhang bei.

Die Schülerinnen und Schüler, die mit diesem Skript arbeiten, müssen ein gewisses Grundwissen mitbringen, denn ansonsten könnte das Verständnis schwierig werden. Kenntnisse über Stoffklassen wie Proteine, Enzyme oder Hormone sind von Vorteil, denn obwohl diese im Skript kurz erklärt werden, reichen die Informationen vielleicht nicht aus, um die Zusammenhänge zu verstehen. Zudem sollten die wichtigsten Organe unseres Körpers sowie deren Funktionen bereits bekannt sein. Falls noch keines dieser Themen behandelt wurde, wird es schier unmöglich sein, alle Informationen im Unterricht zu besprechen.



# 1. Kapitel 1: Der Entwicklungsweg der Antibabypille

## 1.1. Einleitung

Wenn wir heute das Wort „Verhütungsmittel“ hören, verbinden wir diesen Ausdruck meist mit dem Kondom oder der Antibabypille. Durch ihre grosse Verbreitung ist uns kaum bewusst, dass diese **Kontrazeptiva** noch gar nicht so alt sind. Welche Hilfsmittel früher zur Hand waren, oder welche Methoden man noch bis vor einigen Jahrzehnten als effektiv erachtete, soll im folgenden Kapitel gezeigt werden.

## 1.2. Lernziele

Auf einer Reise, angefangen im alten Ägypten, in die Gegenwart wollen wir die Entwicklung der alternativen und hormonellen Verhütungsmittel mitverfolgen. Am Ende des Kapitels wird das Verständnis anhand einiger Fragen kontrolliert.

## 1.3. Entwicklungsweg

Verhütung ist keineswegs ein neues Thema: Schon im alten Ägypten hatten die Frauen ihre Mittel, um unliebsame Schwangerschaften zu unterbinden. Aus Granatapfelkernen und ein bisschen Wachs formten sie Zäpfchen. Faszinierend an dieser Methode ist vor allem, dass in jenen Kernen ein natürlich vorkommendes **Östrogen** enthalten ist. Es wäre daher denkbar, dass die Ägypterinnen schon damals den Eisprung verhindern konnten.

Des Weiteren bastelten sie eine Art Ur-Diaphragma aus Leinenlappchen, die sie mit Honig und zerriebenen Akazienknospen versahen. So wurden sie in die Scheide eingeführt. Auch hier ist es erstaunlich, welches Wissen die damaligen Frauen besaßen: In den Knospen der Akazie befindet sich unter anderem Gummi Arabicum, der sich durch die in der Scheide vorhandenen Substanzen in Milchsäure umwandelt. Milchsäure setzt man noch heute bei den chemischen Verhütungsmitteln ein, da sie die Spermien zerstört. Zitronensaft wurde ebenfalls benutzt.

Das erste schriftliche Zeugnis über Verhütungsmethoden findet sich bereits in der Bibel:

Juda und Tamar

<sup>1</sup>Es begab sich um diese Zeit, dass Juda hinabzog von seinen Brüdern und gesellte sich zu einem Mann aus Adullam, der hiess Hira. <sup>2</sup>Und Juda sah dort die Tochter eines Kanaaniters, der hiess Schua, und nahm sie zur Frau. Und als er zu ihr einging, <sup>3</sup>ward sie schwanger und gebar einen Sohn, den nannte er Er. <sup>4</sup>Und sie ward abermals schwanger und gebar einen Sohn, den nannte sie Onan. <sup>5</sup>Sie gebar abermals einen Sohn, den nannte sie Schela; und sie war in Kesib, als sie ihn gebar. <sup>6</sup>Und Juda gab seinem ersten Sohn Er eine Frau, die hiess Tamar. <sup>7</sup>Aber Er war böse vor dem HERRN, darum liess ihn der HERR sterben. <sup>8</sup>Da sprach Juda zu Onan: Geh zu deines Bruders Frau und nimm sie zur Schwagerehe, auf dass du deinem Bruder Nachkommen schaffest. <sup>9</sup>Aber da Onan wusste, dass die Kinder nicht sein eigen sein sollten, liess er's auf die Erde fallen und verderben, wenn er einging zu seines Bruders Frau, auf dass er seinem Bruder nicht



Nachkommen schaffe. <sup>10</sup>Dem HERRN missfiel aber, was er tat, und er liess ihn auch sterben. <sup>11</sup>Da sprach Juda zu seiner Schwiegertochter Tamar: Bleibe eine Witwe in deines Vaters Hause, bis mein Sohn Schela gross wird. Denn er dachte, vielleicht würde der auch sterben wie seine Brüder. So ging Tamar hin und blieb in ihres Vaters Hause.“  
Buch Genesis (Kapitel 38, Vers 1-11).

Bei der in diesem Abschnitt angedeuteten Taktik handelt es sich um den sogenannten Coitus Interruptus, den Abbruch des Geschlechtsverkehrs kurz vor dem Samenerguss. Auf diese Weise sollte verhindert werden, dass männliche Spermien in die Gebärmutter vorstossen und eine Schwangerschaft verursachen können. Leider ist diese Methode weder romantisch noch sehr sicher bezüglich der Empfängnisverhütung.

Vor mehr als 1800 Jahren, im alten Rom, erkannte ein praktizierender Arzt namens Soranus, dass eine Empfängnisverhütung einer Abtreibung vorgezogen werden sollte.

Eine weitere Verhütungsmethode, die sehr lange betrieben wurde, ist das Hodenbad. Da die Hoden nicht zu stark erwärmt werden dürfen, liegen sie ausserhalb des Körpers. So liegt ihre Temperatur immer etwa 2°C unter der allgemeinen Körpertemperatur. Ansonsten käme die Spermienproduktion zu Schaden. Dies nutzt man bei der Hodenbad-Methode aus: Je nach Land variieren die Verfahren, um die Hoden für eine normale Spermienproduktion zu überhitzen. In Indien war es üblich, drei Wochen lang täglich 45 Minuten in 45° C heissem Wasser zu baden. Anscheinend war man danach ein halbes Jahr nicht zeugungsfähig. In arabischen Ländern bewährte sich das Sonnenbad, doch auch Bandagen aus faulenden Blättern, die grosse Wärme freisetzen, waren üblich. Der Kreativität schienen keine Grenzen gesetzt.

Während den 60er und 70er Jahren wurde unter anderem mit Baumwollsaamenöl experimentiert. Bei der Verhütung schien sie zu funktionieren, doch wurde später ein schwerwiegender Nebeneffekt entdeckt: Jeder dritte Mann, der dieses Öl verwendet hatte, blieb dauerhaft zeugungsunfähig. Daher verschwand diese Verhütungsart schnell wieder.

1968 veröffentlicht Papst Paul VI. die Enzyklika Humanae vitae, in der er die Pille als Verhütungsmittel ächtet. In der katholischen Kirche wird bis heute nur eine Verhütungsart, die periodische Abstinenz, gebilligt.

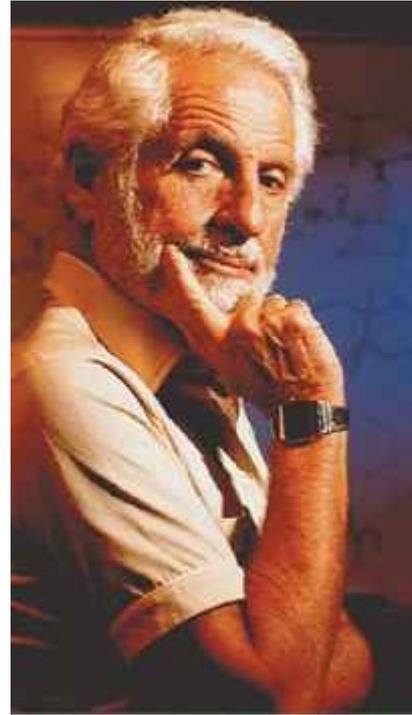
Den echten grossen Fortschritt bezüglich der Verhütung erbrachte erst Carl Djerassi, zusammen mit Gregory Pincus und John Rock, als er die „Pille“, eine hormonale Verhütungsmethode, einführte. Neben der erfolgreichen Unterdrückung des Eisprungs war die Tatsache, dass eine menstruationsähnliche Blutung erhalten blieb, eine weitere Errungenschaft der Wissenschaft. Ohne diese Garantie hätten wohl viele Frauen nie zur Pille gegriffen.

### 1.3.1. Carl Djerassi, „Vater der Antibabypille“

Der vielseitig interessierte und engagierte Wissenschaftler Prof. Dr. Carl Djerassi wurde am 29. Oktober 1923 in Wien geboren. Er stammt aus einer österreichisch-bulgarischen Ärztesfamilie, weshalb er den Hauptteil seiner Kindheit in Sofia (Bulgarien) verlebte, der Heimat seines Vaters. Wegen kriegerischen Konflikten emigrierte er 1938 in die USA, wo er an verschiedenen Universitäten seine Ausbildung absolvierte. Bereits mit 22 Jahren promovierte er zum Doktor und wandte sich den **Sterinen**, in den USA **Sterole** genannt, zu. Anfang der 1950er Jahre gelang ihm erstmals die künstliche Herstellung des Schwangerschaftshormons **Gestagen**.

Zusammen mit Gregory Pincus und John Rock entwickelte er kurz darauf, am 15. Oktober 1951, das erste **steroidale**, orale **Kontrazeptivum**, die Antibabypille, in Mexiko, wo er seit 1949 als Forschungsdirektor der Chemiefirma Syntex tätig war. Seitdem gilt er als „Vater der Pille“, als der Mann, der die sexuelle Revolution mit ausgelöst hat. 1957 wurde die Antibabypille in den USA zugelassen und war ab 1960 in den meisten amerikanischen Staaten erhältlich. Da zu jener Zeit das Abtreiben verboten war, stellte die Pille die einzig mögliche Geburtenkontrolle dar. Allerdings findet Carl Djerassi den Namen missglückt,

denn „Antibabypille“, so Carl Djerassi, „ist ein fürchterliches Wort, es ist ja nicht eine Pille gegen Babys, sondern eine Pille für Frauen.“



Bis heute unterrichtet er an der Universität Stanford und machte insgesamt 1200 Veröffentlichungen als Wissenschaftler. Unter anderem entdeckte er die synthetische Herstellung des Hormons **Kortison**. Seit den 1980er Jahren bringt er Gedichte, Kurzgeschichten aber auch Theaterstücke, teilweise mit wissenschaftlichem Hintergrund, heraus. Er war es auch, der die neue Stilrichtung „Science-in-Fiction“ erfand.

Trotz seiner hohen Leistungen reichte es nie ganz für einen Nobelpreis. Die Antibabypille ist sicherlich nicht die wichtigste Errungenschaft von Carl Djerassi, doch sie war es, die ihn berühmt gemacht hat. Heute lebt der angesehene Naturwissenschaftler in Kalifornien, USA.

Die oben erwähnte sexuelle Revolution wurde erst durch die Studentenbewegung richtig vorangetrieben. Dabei handelte es sich um die Enttabuisierung der Sexualität. Diese Bewegung förderte den freien Zugang der Pille für alle Frauen, oder zumindest für jene in den westlichen Ländern.

### 1.3.2. Forschungen / Abklärungen

Wie bei Arzneimitteln üblich, deren Substanzen noch unbekannte Wirkungen haben, wurde die Pille zuerst an Tieren und mit pharmakologischen **Screenings** untersucht. Als dies abgeschlossen war, konnte die Erforschung am Menschen begonnen werden, welche vor allem in Thailand, Puerto Rico, Mexiko und den USA mit Unterstützung der Weltgesundheitsorganisation der Vereinten Nationen stattfand. Der Hauptteil jener Frauen war ländlicher Herkunft, und hatte sich als freiwillig zur Verfügung gestellt. Den Vorwurf, er

hätte diesen Frauen unzureichende Informationen über allfällige Nebenwirkungen gegeben, weist Carl Djerassi vehement von sich.

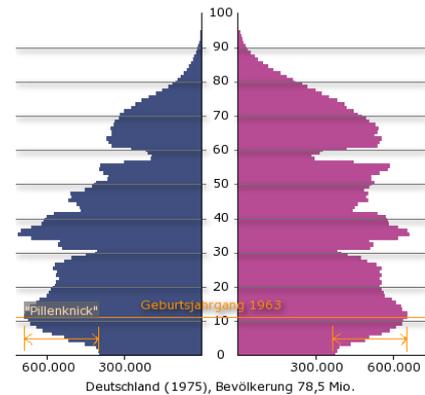
Als erstes mussten die Wirksamkeit, und die kurzfristigen Nebenwirkungen wie Übelkeit, Gewichtszunahme und unregelmäßige Blutungen genauer beobachtet werden. Wichtig war auch, sicherzustellen, wie es um die erneute Fruchtbarkeit nach Absetzen der Pille stand. Die Forscher gaben einige Zeit später grünes Licht für die Antibabypille, sehr zur Freude mancher Frau und Mutter.

### 1.3.3. Der Pillenknick

Die erste spürbare Veränderung durch die Erfindung und Einführung der Pille war der sogenannte „Pillenknicke“, der ab den 1960er Jahren beobachtet werden konnte. Dieser beschreibt eine markante Abnahme der Geburtenraten in vielen Industriestaaten.

Die Abbildung rechts zeigt die Auswirkungen des Pillenknicke anhand des Beispiels Deutschlands:

In der y-Achse stellen die Zahlen von 0 bis 100 das Alter der deutschen Bevölkerung dar. Die blaue beziehungsweise rosa Fläche zeigt die dazugehörige Anzahl Menschen. Die genaue Anzahl Personen sind unten in der x-Achse abzulesen. Die orange eingezeichneten Pfeile machen den Rückgang der Geburtenraten deutlich: Bei der Anzahl Kinder zwischen 0 und 10 Jahren erkennt man einen massiven und konstant bleibenden Rückgang: Innerhalb von zehn Jahren nahm die Anzahl der Geburten pro Jahr um 300'000 Geburten ab.



## 1.4. Aufgaben

1. Suche im Internet nach einer ausführlichen Biografie von einem Miterfinder Djerassis (Gregory Pincus und John Rock).
2. In welchem Jahr veröffentlichte Papst Paul der VI. ein Dokument, in dem er sich aus religiösen Gründen vehement gegen die Pille aussprach?
3. Welche Verhütungsmethode ist in dem Bibelzitat angedeutet? Wie funktioniert sie?
4. Wieso verschwand die Verhütungsmethode mit Baumwollsaamenöl derart schnell?
5. Was versteht man unter dem „Pillenknicke“?
6. Wer trieb die sexuelle Revolution voran, und was meint man mit diesem Begriff?

## 2. Kapitel 2: Wichtige Substanzen unseres Stoffwechsels

### 2.1. Einleitung

Um die Wirkungsweise der Antibabypille verstehen zu können, müssen einige Grundkenntnisse über die in unserem Körper ablaufenden Prozesse vorhanden sein. Dabei sind die des weiblichen Zyklus unentbehrlich, denn viele der in der Antibabypille enthaltenen Wirkstoffe kommen in unserem Körper, teilweise leicht abgeändert, natürlich vor. Solche Substanzen wollen wir in diesem Kapitel etwas näher betrachten.

### 2.2. Lernziele

Jede Schülerin und jeder Schüler sollte nach dem Bearbeiten dieses Kapitels in der Lage sein, verschiedenste Vor- beziehungsweise Nachteile der vorgestellten Substanzen nennen zu können.

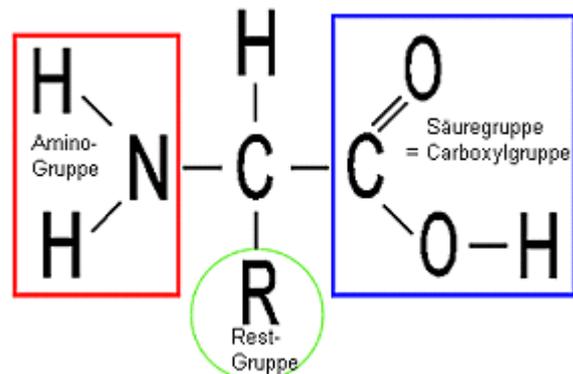
### 2.3. Verschiedene Stoffe und deren Wirkung

Unser Körper besitzt grundsätzlich zwei Systeme, um die Stoffwechselprozesse zu regeln und aufrecht zu erhalten: Zum einen das Nervensystem, zum anderen das System der chemischen Botenstoffe. Letztere werden bei den ständig ablaufenden Stoffwechselvorgängen gebraucht, da sie Informationen zwischen verschiedenen Zellen, innerhalb einer einzelnen Zelle, aber auch zwischen verschiedenen Organismen transportieren können. Zu ihrer Gruppe gehören beispielsweise die Duft – und Lockstoffe, deren Abgabe dem Anlocken beziehungsweise Vertreiben anderer Individuen dient.

In den nächsten Abschnitten werden die Hormone und Enzyme, die zu den chemischen Botenstoffen gehören, genauer betrachtet. Ein kleiner Exkurs zum Nervensystem ermöglicht zudem einen Vergleich der beiden Systeme. Da die Enzyme zu den Proteinen gehören, werden zuerst einige Informationen folgen, die diese Stoffklasse behandeln. Um über die Proteine Bescheid zu wissen, sind unter anderem Kenntnisse über die Aminosäuren, die Bausteine der Proteine, erforderlich.

#### 2.3.1. Aminosäuren

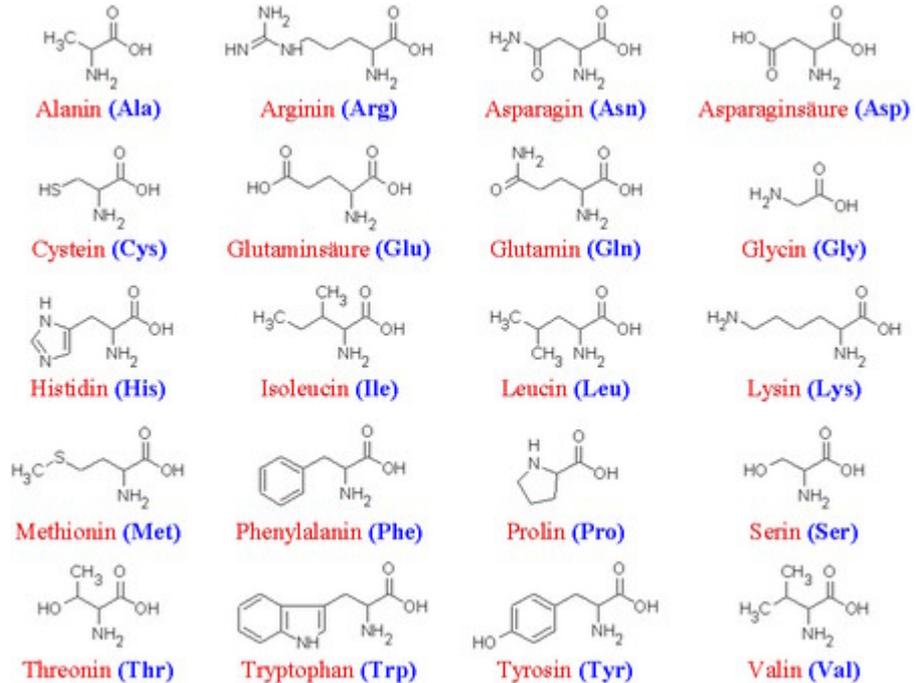
Insgesamt existieren 20 verschiedene Aminosäuren, aus denen 99% aller Proteine zusammengesetzt sind. Einige selten vorkommende Aminosäuren werden im Rest (1%) zusammengefasst. In der folgenden Abbildung kann man die Grundstruktur einer Aminosäure erkennen, die in mehrere Teile unterteilt wird:



Links erkennt man die aus einem Stickstoffatom sowie zwei Wasserstoffatomen bestehende NH<sub>2</sub>-Gruppe, auch **Aminogruppe** genannt, welche basisch reagiert. Damit will man sagen, dass sie fähig ist, ein weiteres Proton (positiv geladenes Wasserstoff-Ion) aufzunehmen, wodurch die gesamte NH<sub>2</sub>-Gruppe positiv geladen wird. Rechts befindet sich die COOH-Gruppe, auch **Carboxylgruppe** genannt,

zusammengesetzt aus einem Kohlenstoffatom, einem Wasserstoffatom, sowie zwei Sauerstoffatomen. Sie reagiert sauer, das heisst, sie besitzt die Fähigkeit, ein Proton abzugeben. Dadurch erhält sie eine negative Ladung. Der mittlere Teil, das mit einem Wasserstoffatom und einem variablen Rest R zusammenhängende Kohlenstoffatom, wird als „Zentrum der Aminosäure“ bezeichnet.

Die hier vorgestellte Struktur einer Aminosäure, zusammengesetzt aus Amino- gruppe, Carboxyl- gruppe und dem C- Atom (oder Zentrum) in der Mitte liegt bei allen 20 Aminosäuren vor. Sie unterscheiden sich ausschliesslich in dem Rest R, der grundsätzlich auf Stickstoff-, Wasser- stoff-, Sauerstoff- und Kohlenstoffatomen aufgebaut ist.



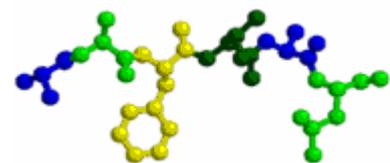
### 2.3.2. Proteine

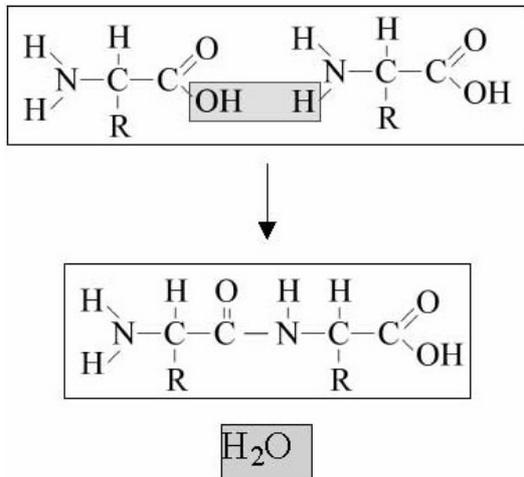
Proteine, auch als Eiweisse bekannt, sind grosse Makromoleküle, die aus hundert bis tausend Aminosäuren bestehen. Sie beteiligen sich an vielen Funktionen unseres Körpers. Der Grossteil unserer Muskeln ist auf Proteinen aufgebaut, und auch unsere Haut enthält Proteinfasern. Eine andere Aufgabe der Proteine besteht darin, die Zellen durch Zellskelette zu stabilisieren. Dabei werden nur unlösliche Gerüstproteine verwendet. Die in Wasser löslichen Proteine spielen beim Stoffwechsel eine Rolle. Zu dieser Gruppe gehören auch die Antikörper im Blut, das **Hämoglobin**, welches für den Sauerstofftransport im Blut erforderlich ist, und die Enzyme.

Bei den Proteinen existieren vier verschiedene Strukturen, die mit den Funktionen der Proteine direkt zusammenhängen.

Primärstruktur:

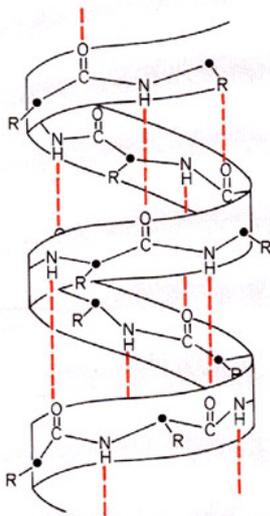
Als Primärstruktur bezeichnet man die Reihenfolge der einzelnen Aminosäuren, die Aminosäuresequenz, eines Proteins. Bei der Primärstruktur wird die räumliche Anordnung der Aminosäuren nicht ersichtlich.



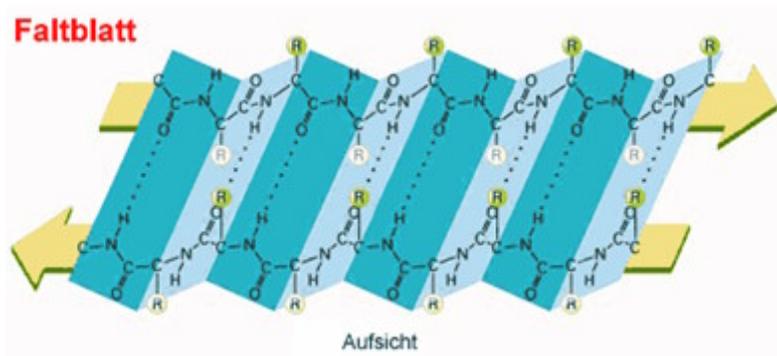


Peptidbindungen kommen stets zwischen der Carboxyl- der einen und der Aminogruppe einer anderen Aminosäure zustande, wodurch Aminosäuren zu Polypeptiden zusammengekettet werden. Polypeptide bestehen aus etwa 10-100 Aminosäuren, wobei alle Aminosäurekombinationen möglich sind. Indem Wasser abgespalten wird, kann sich die Aminogruppe mit der fremden Carboxylgruppe verknüpfen (**Hydrolyse**). Die zwei vereinigten Aminosäuren werden nun als Dipeptid bezeichnet.

Sekundärstruktur:

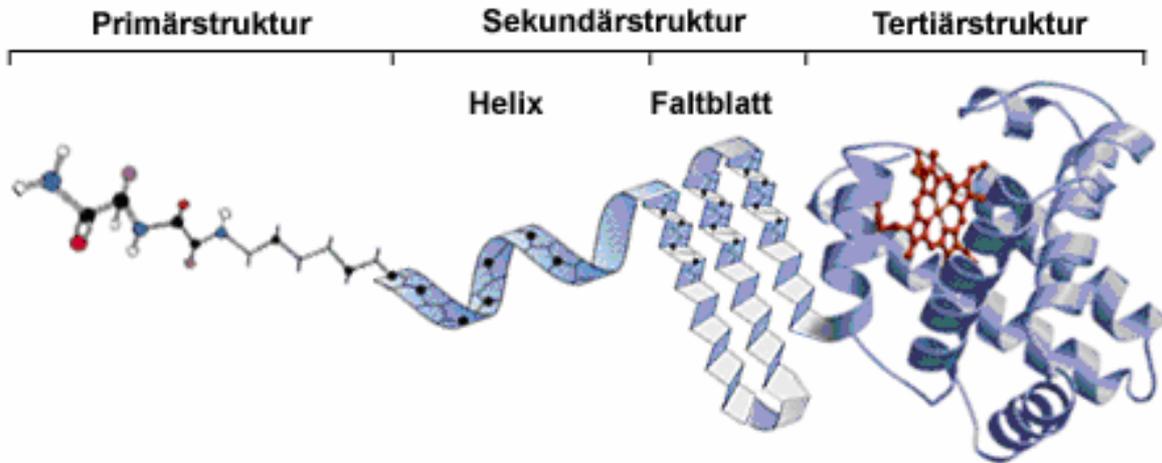


Bei dieser Struktur wird die räumliche Anordnung der zusammenhängenden Aminosäuren ersichtlich. Man unterscheidet zwischen Alpha-Helix, Beta-Faltblatt, Beta-Turn und Random-Coil-Strukturen, wobei die **Random-Coil-Strukturen** ungeordnet sind. Die Helix-Struktur, die einfachste Anordnung, ist schraubenförmig aufgebaut und findet sich beispielsweise beim Haarkeratin. Bei der Faltblattstruktur liegen die Polypeptidketten zickzackförmig aneinander. Diese Struktur kommt unter anderem im Seidenfaserprotein der Seidenraupe vor. Gemeinsam sind den verschiedenen Anordnungen die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Peptidbindungen (-NH-CO-), welche das Zusammenhalten der Struktur garantieren.



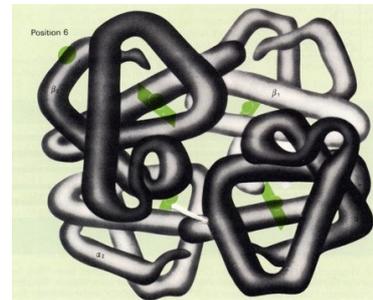
Tertiärstruktur:

Die Tertiärstruktur ist eine kompliziertere räumliche Anordnung der Polypeptidketten, welche über die Reste an den Seitenketten der Aminosäuren verbunden sind. Diese Verknüpfungen basieren auf kovalenten und nicht-kovalenten Wechselwirkungen. Auch andere Wirkungen wie die Van-der-Waals-Kräfte, oder die Ionenwirkung können dabei eine Rolle spielen.



Quartärstruktur:

Quartärstruktur heisst die vierte und komplizierteste Struktur der Proteine. Diese besteht aus mehreren Proteinen, die sich zusammengeschlossen haben, um funktionsfähig zu werden. Verbunden werden sie häufig durch Wasserstoffbrücken und Salzbrücken.



Neben der Unterscheidung in verschiedene Strukturen gibt es noch eine weitere Unterteilung der Proteine in zwei Hauptgruppen:

**Globuläre Proteine:** Diese besitzen Tertiär- oder Quartärstrukturen, die mehr oder weniger kugel- oder birnenförmig aufgebaut sind. Der Grossteil dieser Gruppe lässt sich in Wasser und Salzlösungen lösen.

**Fibrilläre Proteine:** Hier haben die Tertiär- oder Quartärstrukturen eher fadenförmige oder faserige Anordnungen. Im Gegensatz zu den globulären Proteinen sind sie nur schwer löslich und gehören den Stütz- und Gerüstsubstanzen an.

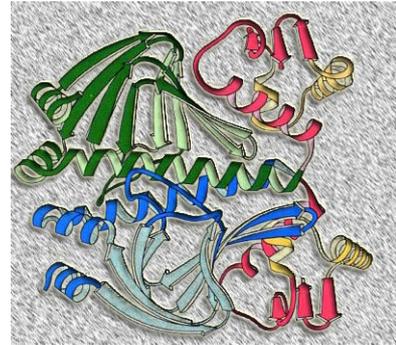
Zusammengefasst sind die Proteine in folgenden Bereichen von Bedeutung:

- Mechanische Stützfunktion (Zugfestigkeit von Haut und Knochen)
- Koordinierte Bewegung (Proteine sind Hauptbestandteile von Muskelgeweben)
- Enzymatische Katalyse (Biokatalysatoren z.B. Enzyme)
- Immunabwehr (Antikörper)
- Erzeugung und Übertragung von Nervenimpulsen
- Kontrolle von Wachstum und Differenzierung

### 2.3.3. Enzyme

Ein Enzym (griechisch  $\acute{\epsilon}\nu\zeta\upsilon\mu\omicron$ ,  $\acute{\epsilon}\nu\zeta\upsilon\mu\omicron$ , von  $\acute{\epsilon}\nu\sim$ ,  $\acute{\epsilon}\nu\sim$  -  $\text{in}\sim$  und  $\zeta\acute{\upsilon}\mu\eta$ ,  $\zeta\acute{\upsilon}\mu\eta$  - der Sauerteig, die Hefe, veraltet: Ferment (lateinisch)) ist ein spezielles Protein, welches dem Anregen und Steuern von biochemischen Stoffwechselreaktionen in unserem Körper dient, ohne dass es dabei selbst verbraucht wird. Jede unserer lebenden Zellen benötigt über tausend verschiedene Enzyme, da diese sehr spezielle Aufgaben aufweisen, und teilweise nur bei einer einzigen Verbindung wirken.

Indem Enzyme die für den Reaktionsbeginn benötigte Energie, die **Aktivierungsenergie**, vermindern, können die Stoffwechsel-Reaktionen schneller und somit bei niedrigerer Temperatur begonnen werden. Daher sagt man, Enzyme dienen als **Katalysatoren** (Beschleuniger). Die Beschleunigung geschieht durch Anlagerung des Enzyms an die Anfangsstoffe (**Edukte**) einer Reaktion, die dann in bestimmte Endstoffe (**Produkte**) umgewandelt werden. Die Bindungen können als Wasserstoffbrücken, kovalente Bindungen oder auch Ionenanziehung vorliegen. Die freiwerdende Energie durch das Eingehen solcher Bindungen (**Bindungsenergie**) wird von der anfänglichen Aktivierungsenergie abgezogen, was den neuen, geringeren Aktivierungsaufwand liefert. Für die Anlagerung ist jedes Enzym mit einem sogenannten aktiven Zentrum ausgestattet, welches in Form einer Rinne oder Spalte vorliegen kann. Diese ist massgeschneidert, das heisst, falsche Edukte können nicht daran andocken, wodurch ungewollte Reaktionen verhindert werden. Die zuvor vorhandenen Bindungen am aktiven Zentrum werden beim Zusammentreffen mit dem Edukt gelöst, wodurch neue Bindungen möglich werden. Anfangs besteht die neue Verbindung zwischen Edukt und Enzym nur aus schwachen Wechselwirkungen, die sich jedoch im Laufe der Reaktion verstärken können.



Durch Stoffe, die sich nebst den umzuwandelnden Edukten an das aktive Zentrum eines Enzyms anheften, sogenannte Inhibitoren, werden die Wirkungen unterdrückt. Je nach Reaktionstyp ist das entstandene Produkt zugleich Inhibitor. Diese Produkthemmung regelt das Ausmass der Reaktion und verläuft proportional zur Konzentration des Produkts.

Die Enzymaktivitäten lassen sich durch äussere Faktoren beeinflussen: Durch eine Temperatursteigerung laufen die Reaktionen noch schneller ab, wobei die RGT- Regel zu beachten ist, welche besagt:

RGT – Regel: Mit einer Temperaturerhöhung um zehn Grad tritt eine Verdopplung der Umsatzgeschwindigkeit einer Reaktion ein!

Die Enzyme erhalten ihre Namen meist durch das Edukt, an dessen Ende man „-ase“ anhängt  
Beispiel: Das Enzym „Lactase“ katalysiert die Trennung des Milchzuckers Lactose.

Von der Erforschung im Bereich der Enzymeigenschaften erhofft man sich in der Zukunft grosse medizinische Fortschritte, falls es gelingt, diese durch künstlich hergestellte Mittel zu ersetzen.

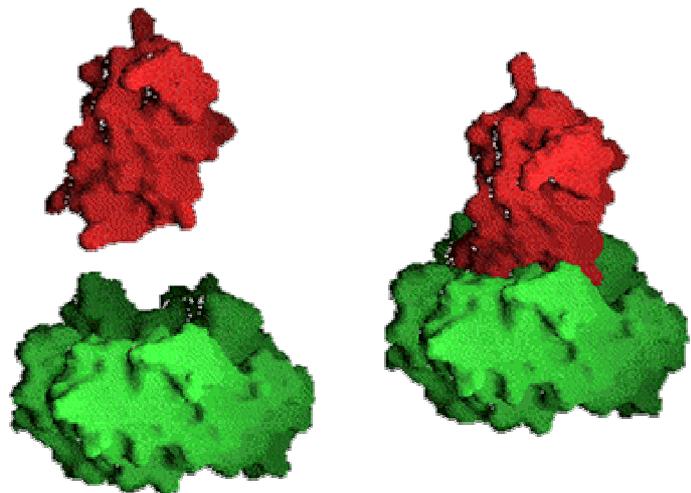
### 2.3.4. Hormone

Die Hormone (griechisch ορμόνη, von „horman“ –, in Bewegung setzen) wurden in den frühen Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts entdeckt, und gehören den wichtigsten Substanzen menschlicher als auch tierischer Organismen an. Sie übernehmen während dem gesamten Leben verschiedenste Organfunktionen sowie Fortpflanzungs- und Entwicklungsprozesse, die unser Wohlbefinden beeinflussen.

Die Hormonbildung geschieht in mehreren Organen, die sich auf deren Herstellung spezialisiert haben. Diese Organe werden als endokrine Drüsen bezeichnet. „Endokrin“ bedeutet „nach innen gerichtet“, steht aber auch für „hormonproduzierend“. (Nichtendokrine Beispiele sind die Schweißdrüsen, da sie nach aussen führen.) Endokrine Drüsen besitzen keinen eigenen Ausgang, und geben ihre Produkte direkt ins Blut ab. Auf diese Weise gelangen sie mühelos in die verschiedenen Körperregionen. Fällt eine endokrine Drüse aus, oder funktioniert nicht mehr einwandfrei, kann dies weitreichende Folgen mit sich bringen, da sie untereinander verknüpft sind (endokrines System). In diesem System herrscht normalerweise ein hormonales Gleichgewicht, doch sobald eine Drüse Fehler aufweist, werden weitere Drüsen ebenfalls geschädigt.

Selbst kleinste Mengen eines Hormons verursachen die erwünschte Wirkung, daher sagt man, Hormone weisen die höchste biologische Aktivität auf. Verglichen mit den von Nerven übertragenen Informationen wirken die Hormone ziemlich langsam: Es kann nach der Ausschüttung mehrere Minuten bis Stunden dauern, bis sie ihre Aufgabe erfüllt haben.

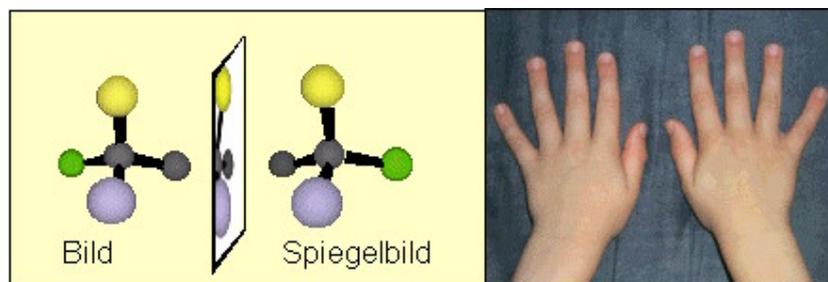
Hormone wirken nur an ihren Zielzellen, das heißt, es ist ein sogenanntes Schlüssel-Schloss-Prinzip vorhanden, um Fehler bei der Signalauslösung zu vermeiden. Jedes Hormon besitzt daher eine spezifische Andockstelle im Körper, einen sogenannten Rezeptor. Sobald das Hormon dort angekommen ist, wird die Zielzelle an der Zelloberfläche aktiviert, was wiederum den erwünschten Wirkungsmechanismus auslöst.



Dieses Anlagern gelingt aber auch Chemikalien, wodurch die Manipulation des Hormonsystems ermöglicht wird, ob erwünscht oder nicht. Dadurch werden je nach Umweltchemikalien auch Fortpflanzungsorgane, Nieren, Leber, Nebennieren, Immunsystem, Herz-Kreislaufsystem oder Knochen in Mitleidenschaft gezogen. Genauere Auswirkungen sind noch nicht bekannt, was keineswegs als gutes Zeichen gedeutet werden sollte. Klar ist zumindest, dass der schädigende Einfluss von dem bei der Einnahme vorherrschenden Entwicklungsstadium abhängt. Zu einem kritischen Zeitpunkt (Pubertät) würde eine minimale Menge dieser Chemikalien schon ausreichen, um zahlreiche Organeigenschaften zu beeinträchtigen. Ein weiterer Aspekt, der die Auswertung der negativen Einflüsse solcher Substanzen erschwert, ist die Tatsache, dass die Folgen unter Umständen erst nach Jahrzehnten erkennbar werden.

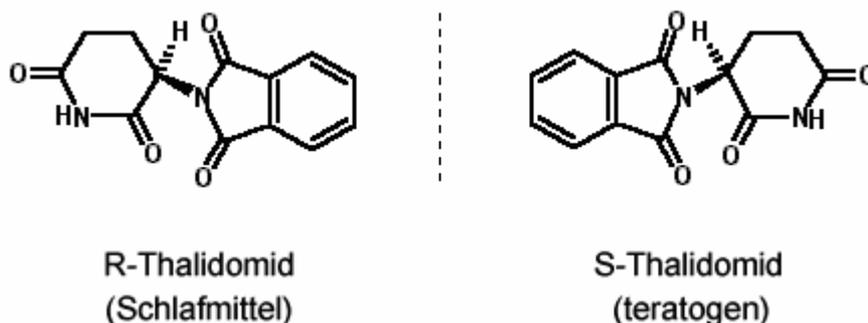
Bei den Botenstoffen existieren einige Aspekte, die für den Menschen ein Problem darstellen können. Verschiedene Eigenschaften der Stoffe sind für uns nur schlecht oder manchmal zu spät erkennbar, wodurch es schon einige Male zu schwerwiegenden Auswirkungen gekommen ist. So auch durch die Chiralität einiger chemischer Stoffe.

Als Chiralität (griechisches Kunstwort, die Händigkeit, abgeleitet vom Wortstamm χεῖρ~, ch[e]ir~ - hand~) oder Enantiomerie bezeichnet man die Eigenschaft von bestimmten Molekülen oder Ionen (geladene Atome), die, obschon gleich aufgebaut, nicht identisch sind. Kein Drehen und Wenden lassen sie mit dem Original übereinstimmen. Das alltäglichste Beispiel ist wohl jenes unserer Hände: Sie sind zwar nicht deckungsgleich, doch die eine kann als das Spiegelbild der anderen angesehen werden. Sie sind chiral oder dissymmetrisch zueinander. Jede einzelne dieser Spiegelbild-Formen wird als **Enantiomer** bezeichnet.



Das Medikament Contergan besteht aus einer chiralen Verbindung namens **Thalidomid**, welches ursprünglich als Schlaf- und Beruhigungsmittel verkauft wurde. Es stellte sich jedoch heraus, dass es zu schwerwiegenden Schädigungen an ungeborenen Babys führt. Anfangs nahm man an, dies hänge nur mit einem der Bestandteile, dem (S)-Enantiomer, zusammen, und dass das (R)-Enantiomer die gewünschte Schlaf bringende Wirkung besitze. Man entdeckte jedoch, dass diese beiden Bestandteile in unserem Körper ineinander überführt werden, wodurch beide die gleichen Konsequenzen nach sich ziehen.

Der Pharmakonzern Grünenthal stellte 1954 dieses Medikament her, das von 1957 bis 1961 in Umlauf gebracht wurde mit der oben erwähnten, Schlaf bringenden Wirkung. Doch findet der Konsum während einem bestimmten Zeitraum der Schwangerschaft statt, kann es nicht nur zu schweren Missbildungen, sondern auch zu Nichtvorhandensein einzelner Gliedmassen beziehungsweise Organen führen. Diese teratogene Nebenwirkung entdeckte der Kinderarzt und Genetiker Widukind Lenz.



Die Herstellerfirma vertrieb Contergan jedoch weiterhin, selbst nach dem Erhalten von über 1000 Warnungen über Missbildungen, da das Medikament sehr gefragt war. 1961 wurde es endlich vom Markt genommen, woraufhin es an diversen Tierarten getestet wurde. Doch dies brachte nicht die erwarteten Resultate: Vergleichbare Missbildungen lagen keine vor. In den kommenden Jahren zählte man weltweit ca. 10'000 contergangeschädigte Neugeborene, wobei die Hälfte nicht lebensfähig war. Die während der Schwangerschaft gestorbenen Kinder sind dabei nicht berücksichtigt. Durch diese Zahlen alarmiert, wurde der Wirkstoff Thalidomid in verschiedenen Ländern erneut unter die Lupe genommen. Wieder war es der deutsche Humangenetiker Widukind Lenz, der neue Erkenntnisse verlauten liess. Trotz des offensichtlichen Skandals wollte das Unternehmen Grünenthal ihr Produkt in den USA einführen, was aber verhindert wurde.

Erst 1970, nach einem zehnjährigen Prozess, konnte der Vertreiber von Contergan zur Verantwortung gezogen werden.

Durch einen Zufall entdeckte 1961 ein israelischer Hautarzt, der einer seiner Lepra-Kranken Contergan verabreichte, dessen bisher unbekannte Wirkung: Die Geschwüre bildeten sich zurück. Diese Entdeckung bewirkte, dass das Thalidomid wieder auf dem Markt präsent wurde. Es wird heute vor allem bei ENL, einer verschärften Form von Lepra, angewendet. Bei Krankheiten wie Krebs oder AIDS konnte ebenfalls ein beachtlicher Erfolg durch Thalidomid verzeichnet werden: Die Lebenserwartungen der Patienten steigerten sich um ein Vielfaches.

Vor wenigen Jahren machten sich die negativen Aspekte des Thalidomids erneut bemerkbar. Durch ein gravierendes Missverständnis kam es in Brasilien wieder zu missgebildeten Neugeborenen. Später stellte sich heraus, dass es sich bei den betroffenen Müttern um Analphabetinnen handelte, die das Bildchen mit der durchgestrichenen schwangeren Frau auf der Verpackung falsch verstanden hatten: Sie dachten, das Medikament sei ein Verhütungsmittel! Die brasilianische Regierung verbot daraufhin das Aushändigen von Thalidomid an zeugungsfähige Menschen. Glücklicherweise stellte sich die Befürchtung, dass Thalidomid das Erbgut verändere und dadurch auch zukünftige Generationen gefährde, als Irrtum heraus. Seit vier Jahren ist es in Europa wieder zugelassen.



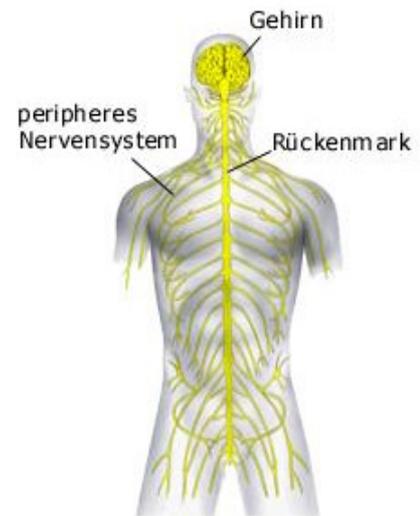
## 2.4. Nervensystem

Nun, da wir einige Informationen über Hormone und Enzyme erhalten haben, wollen wir noch ein weiteres wichtiges System kennen lernen, das Nervensystem. Dieses zeichnet sich vor allem durch seine schnelle Impulsübermittlung aus. Genauer gesagt, bewegen sich diese Impulse mit einer Geschwindigkeit von 120 m/s. Wie die chemischen Botenstoffe regelt es sehr wichtige Abläufe, ohne die wir nicht leben könnten.

Das menschliche Nervensystem wird in drei Teile unterteilt:

- Das Zentralnervensystem (ZNS), welches unser Gehirn sowie das Rückenmark umfasst. Im Gehirn verarbeitet es die einlaufenden Impulse und erteilt an die betroffenen Körperteile Befehle, die über Nerven übermittelt werden. Fähigkeiten wie Planung, und Wahrnehmung fallen in den Aufgabenbereich dieses Teils des Nervensystems.

- Das periphere Nervensystem stellt die Verbindungen zum Zentralnervensystem dar. Alle Nerven, die ihre Signale ans Gehirn oder Rückenmark senden (sensorische Nerven), sowie all jene, die ihre Impulse von dort empfangen und an das Muskelgewebe weiterleiten (motorische Nerven), gehören somit in diese Gruppe.



- Das vegetative Nervensystem, welches der Kontrolle durch das Bewusstsein entzogen ist, sorgt für eine reibungslose Atmung, kontrolliert den Blutkreislauf, die Verdauung, die Ausscheidung, den Stoffwechsel und die Drüsenarbeit (Beispiel: Kalte Füße aus Angst oder Unwohlsein). Kurz gesagt, es befasst sich mit den inneren Organen und somit mit den lebenswichtigen Funktionen (Vitalfunktionen). Obwohl dieses System praktisch autonom (selbständig) abläuft, empfängt es ab und zu Befehle vom Gehirn, oder sendet Signale dorthin.

Das Zentralnervensystem und auch das periphere Nervensystem besitzen vegetative Anteile.

## 2.5. Aufgaben

1. Mit welcher Geschwindigkeit werden Nervenimpulse weitergeleitet?
2. Nenne die drei Teile einer Aminosäure und zeichne diese auf.
3. Welche Eigenschaften besitzen die globulären beziehungsweise die fibrillären Proteine?
4. Wie werden zwei Aminosäuren miteinander verschmolzen und was entsteht dabei?
5. Was ist ein Inhibitor? Was bewirkt er?
6. Welches Problem lag beim Medikament Contergan vor?



## 3. Kapitel 3: Der weibliche Zyklus

### 3.1. Einleitung

Nachdem wir im vorangegangenen Kapitel einige Informationen über verschiedene Stoffgruppen erhalten haben, wollen wir uns nun genauer mit dem Monatszyklus der Frau auseinandersetzen.

### 3.2. Lernziele

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, den Ablauf des weiblichen Zyklus zu verstehen und die vorhandenen Zusammenhänge zu erkennen. Zudem sollten die wichtigsten der dabei benötigten Stoffe bekannt, und deren Wirkungen nachvollziehbar werden.

### 3.3. Der Hormonhaushalt während des normalen Zyklus

Der weibliche Zyklus wird grundsätzlich in drei Phasen unterteilt:

- **Menstruationsphase:**  
Dieser Abschnitt beginnt am ersten Tag der Blutung und dauert ca. 3-5 Tage. Während dieser Zeit finden der Abbau der Gebärmutterschleimhaut sowie die Abgabe der unbefruchteten Eizelle statt. Durchschnittlich verliert die Frau dabei zwischen 50 und 150 ml Blut.
- **Die Proliferationsphase / Wachstumsphase:**  
Nach Abschluss der Blutung setzt die sogenannte Wachstumsphase ein. Hierbei kommt es zum Wiederaufbau der Gebärmutterschleimhaut (ca. vervierfaches Volumen), was durch die Mitose vor sich geht. Dies nimmt etwa 14 Tage in Anspruch.
- **Die Sekretionsphase:**  
Während den letzten zwei Zykluswochen verdickt sich die zuvor aufgebaute Gebärmutterschleimhaut und bildet Drüsen. Beides dient der Vorbereitung auf eine allfällige Einnistung einer befruchteten Eizelle. In dieser Phase liegen die fruchtbaren Tage einer Frau.

### 3.4. Hormone

Die im Folgenden aufgeführten Hormone spielen alle eine sehr wichtige Rolle im Monatszyklus, denn sie sind es, die dessen Ablauf gestalten. Fehlt eine dieser Substanzen, kann es spürbare Veränderungen nach sich ziehen.

#### 3.4.1. Luteinisierendes Hormon (LH)

Dieses Hormon gehört zu den weiblichen Geschlechtshormonen und ist zusammen mit dem Follikelstimulierenden Hormon (FSH) für den Eisprung zuständig. Bei der Frau stimuliert es die Produktion von **androgenen** Hormonen, die später in den **Granulosazellen** zu Östrogen umgewandelt werden. Die Ausschüttung von LH wird durch den Testosteronspiegel im Blut überwacht: Sobald genug davon vorhanden ist, meldet das **Testosteron** dies durch eine negative Rückkopplung an den Hypothalamus.

### 3.4.2. Follikelstimulierendes Hormon (FSH)

Das Follikelstimulierende Hormon wird in der **Hypophyse**, auch als Hirnanhangdrüse bekannt, hergestellt und fördert das Follikelwachstum sowie die Follikelreifung. Bei der Frau bewirkt es die Bildung von Östrogen wie auch die Reifung der Eizellen. Beim Mann ist es für die Entwicklung der Spermien verantwortlich.

### 3.4.3. Östrogene ( Estrogene )

Die Östrogene, in über 30 verschiedenen Formen anzutreffen, sind die wichtigsten weiblichen Geschlechtshormone, die zur Klasse der **Steroide** zählen. Sie dienen primär der Aufrechterhaltung der weiblichen Geschlechtsmerkmale, haben aber noch viele andere Aufgabenbereiche, denn sie leisten insgesamt den größten Beitrag zur Entwicklung der Frau. Alleine das Östradiol (**Estradiol**), neben Östron und Östriol eines der bedeutendsten Östrogenen, verursacht, dass während der Pubertät Haut, Haare und Körpergeruch verändert werden, lässt die Brust und die Gebärmutter Schleimhaut wachsen und führt zu einer Neuverteilung des Fettes an Beinen und Gesäss. Sie sorgen für die typisch weibliche Erscheinung, stabilisieren das psychische Gleichgewicht, und sogar der Knochenaufbau wie auch die Erhaltung der Hautelastizität fallen in ihren Aufgabenbereich.

Bei der Frau findet die Bildung der Östrogene hauptsächlich in den Eierstöcken, während einer Schwangerschaft allerdings auch noch in der Plazenta, dem Mutterkuchen, statt.

Die Abnahme der Östrogenkonzentration nach den Wechseljahren verursacht häufig faltige Haut, Schlafstörungen und Hitzewallungen. Die Knochendichte nimmt ab, was zu einer **Osteoporose** führen kann. Behandlungen mit künstlichen Östrogenen sind umstritten: Einige Ärzte sehen darin eine Erhöhung des Krebsrisikos, da diese Hormone die Zellteilung anregen, was sich im hohen Alter schnell in Form eines Tumors negativ bemerkbar machen kann.

Kleine Mengen Östrogen werden auch beim Mann in den Nebennieren hergestellt, das er zum Wachsen, für die Knochenreifung und den Fettstoffwechsel benötigt. Jene Östrogene, die in den Hoden produziert werden, dienen der Entwicklung der Spermien.

### 3.4.4. Gestagene

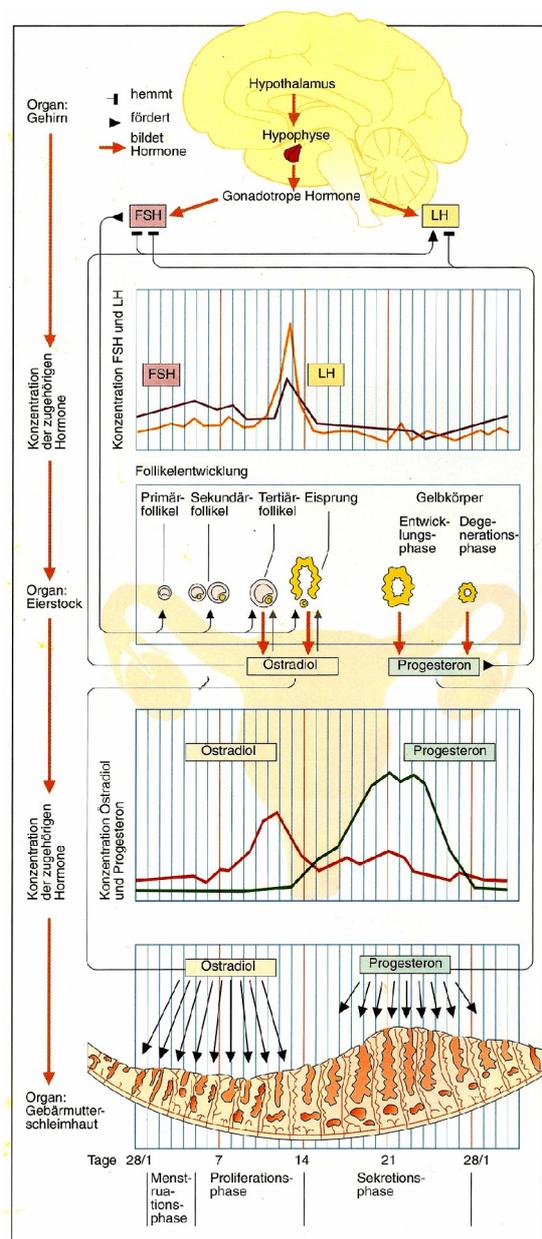
Die Gestagene oder Gelbkörperhormone, die zweitwichtigste Klasse der Geschlechtshormone, gehören ebenfalls zu den **Steroiden**. Ihre bekanntesten Vertreter sind das Pregnandiol, das Pregnelon sowie das **Progesteron**, das körpereigene Gelbkörperhormon. Letzteres wird in der Wand des aufgeplatzten Follikels von **Granulosazellen** hergestellt. Die Aufgabe des Progesterons ist es, die Gebärmutter Schleimhaut auf eine Einnistung der befruchteten Eizelle (**Zygote**) vorzubereiten und damit eine weitere Follikelreifung zu verhindern, falls es zur Befruchtung gekommen ist.

Im therapeutischen Bereich werden die Gestagene für eine regelmäßige Menstruation, was unter anderem die Gebärmutter Schleimhaut schützt, eingesetzt. Denn der periodische Abbau dieser Schleimhaut verhindert die Entstehung von Tumoren.

### 3.5. Biochemie des weiblichen Monatszyklus

Während dem monatlichen Zyklus der Frau spielen die Östrogene, welche den Zyklus bei etwa 28 Tagen stabilisieren, eine bedeutende Rolle: Sie regen die Ausschüttung von LH an, damit es zum Eisprung kommen kann. Zudem sind sie für den Aufbau der Gebärmutter Schleimhaut verantwortlich, damit eine Nidation möglich wäre. Eine weitere Aufgabe ist die Hemmung der FSH – Ausschüttung, damit keine neue Eizelle heranwächst, falls eine Schwangerschaft vorliegt.

Die **Hypophyse**, die sogenannte Hirnanhangdrüse, steht mit dem Hypothalamus in Verbindung. Diese „Hauptdrüse“ steuert die meisten Hormonkonzentrationen im Körper. Indem der Hypothalamus das **Gonadotropin-Releasing-Hormon GnRH** (Freisetzungshormon) freisetzt, beginnt die Hypophyse mit dem Bilden des Follikelstimulierenden Hormons (FSH) und des Luteinisierenden Hormons (LH). Die Menge an FSH ist in der ersten Hälfte des weiblichen Zyklus sehr hoch und steigend, was die Follikelbildung sowie die Eizellenreifung vorantreibt. Neben dem Schützen der Eizelle hat der Follikel den Zweck, das Östradiol herzustellen. Etwa in der Mitte des Zyklus, nachdem der Östrogenspiegel sein Maximum erreicht hat, nimmt die bisherig geringe Abgabe des Luteinisierenden Hormons (LH) zu. Diese plötzlich ansteigende Konzentration hat zur Folge, dass ungefähr ein bis anderthalb Tage später der Eisprung vonstatten geht. Dabei verlässt die Eizelle den Follikel, der daraufhin eine gelbliche Färbung annimmt. Der Gelbkörper, Corpus luteum genannt, entsteht. Der Gelbkörper wiederum verbreitet das eigens produzierte Progesteron. Dieses bewirkt im zweiten Teil des Zyklus eine Ansammlung von Wasser und Nährstoffen in den Schleimhautzellen der Gebärmutter, wodurch deren Drüsen Flüssigkeiten absondern (**Sekretion**). Dadurch wird die Gebärmutter Schleimhaut weich und locker, was ideale Voraussetzungen für eine allfällige Einnistung der befruchteten Eizelle darstellt. Der Schleim am Gebärmutterhals wandelt sich ebenfalls durch den Einfluss der Gestagene: Er wird in der zweiten Zyklushälfte erneut zähflüssig, was den Spermien das Eindringen bis in die Gebärmutter erheblich erschwert.



Hat eine Befruchtung stattgefunden, tritt die befruchtete Eizelle ihre Wanderung durch den Eileiter bis zur Gebärmutter an. Für diesen Weg braucht sie etwa eine Woche. Dann beginnt die Nidation, die weitere fünf Tage beansprucht. Um eine Ausschwemmung bei einer späteren Blutung zu vermeiden, veranlasst die befruchtete Eizelle die Produktion des **Humanen Chorionadotropin-Hormons (HCG)**. Dieses Hormon sichert die Existenz des Gelbkörpers, wodurch die Progesteronsynthese zunimmt und die Östrogensynthese gleich bleibt. Das Abtragen der Gebärmutterschleimhaut wird verhindert, und da es keine neue Eizelle braucht, wird die Ausschüttung von FSH und LH verringert. Ansonsten würde eine neue Eizelle heranreifen und es käme erneut zu einem Eisprung. Falls die vorhandene Eizelle nicht befruchtet wird, beginnt sich der Gelbkörper aufzulösen. Dadurch sinkt die Herstellung des Östrogens und der Gestagene, die ungefähr zwei Wochen nach dem Eisprung gänzlich aufhört. Nun kann der Zerfall der Gebärmutterschleimhaut nicht weiter hinausgezögert werden: Es kommt zur Monatsblutung.

### 3.6. Aufgaben

1. Fasse die einzelnen Eigenschaften der oben vorgestellten Hormone zusammen.
2. Begründe, wieso die Konzentration der Östrogene so plötzlich derart in die Höhe schnell (siehe Abbildung).
3. Warum steigt die Konzentration der Gestagene, genauer gesagt des Progesterons, in der zweiten Zyklushälfte derart an?
4. Was wäre, wenn das FSH und das Progesteron ausfallen würden?
5. Weshalb ist während der Monatsblutung die Gefahr einer Gebärmutterinfektion grösser als sonst?

## 4. Kapitel 4: Die Pille

### 4.1. Einleitung

Seit der Entwicklung der Pille haben die Pharmakonzerne gute Arbeit geleistet. Um den Wünschen und Bedürfnissen der Frauen gerecht werden zu können, entwickelten sie im Laufe der Jahre Pillenformen, die sich, meistens nur minimal, voneinander unterscheiden. Doch genau diese kleinen Differenzen können ausschlaggebend sein hinsichtlich der Verträglichkeit. Dennoch, die Pillen bestehen größtenteils aus Östrogen und Gestagen, oder nur aus einem dieser zwei Komponenten.

Ein wichtiger Hinweis, der bei den folgenden Abschnitten nicht extra erwähnt wird, aber für alle Pillen gilt, ist die Tatsache, dass keine der Pillen vor Geschlechtskrankheiten schützt!

So oder so ist bei der Anwendung dieser Verhütungsmethoden stets ein Frauenarzt zu konsultieren.

### 4.2. Lernziele

In diesem Kapitel dreht sich alles um die verschiedensten Pillenarten, die momentan auf dem Markt sind, sowie um heutige Alternativ-Verhütungsmittel. Dabei werden diverse Aspekte dieser Produkte erwähnt. Ziel der hier aufgeführten Informationen ist es, dass alle einen kleinen Einblick in die Vielfalt der Verhütungsmittel erhalten.

### 4.3. Verschiedene Pillen

Die Erfolgsquote eines Verhütungsmittels wird meist mit dem Pearl-Index angegeben. Dieser Wert gibt an, wie viele von 100 Frauen, die mit einer bestimmten Methode ein Jahr lang verhüten, ungewollt schwanger werden.

Verhütungsmethode	Pearl-Index
Sterilisation der Frau	0,1
Neue Minipille (Cerazette)	0,14 - 0,4
Hormonspirale	0,16
Sterilisation des Mannes	0,25
Dreimonatsspritze	0,3 - 1,4
Vaginalring	0,4 - 0,65
Verhütungspflaster	0,72 - 0,9
Spirale	0,9 - 3
Kondom	2 - 12
Chemische Verhütungsmittel	3 - 21
Coitus Interruptus	4 - 18
Kondom für die Frau	5 - 25
Vaginalfilm	6

Verhütungsmethode	Pearl-Index
Kalendermethode	9
Keine Verhütung	85

Nach der Sterilisation der Frau besteht immer noch eine sehr geringe Möglichkeit, schwanger zu werden. Obwohl der Eileiter entweder verschlossen oder zertrennt wird, kann es passieren, dass sich eine reife Eizelle dorthin verirrt, und dadurch eine Schwangerschaft auslöst.

#### 4.3.1. Klassische Pille (Pearl-Index: 0.1 bis 0.9)

Zusammengefasst hat diese Pillenform vier Wirkungen. Sie unterdrückt den Eisprung, indem das Östrogen in der Hirnanhangdrüse die Ausschüttung von LH und FSH stoppt, wodurch kein neues Ei heranreifen kann. Des Weiteren sorgen die in der Pille enthaltenen Gestagene für einen unzureichenden Aufbau der Gebärmutterschleimhaut, was eine Einnistung verunmöglicht. Der Schleimpfropf am Gebärmutterhals wird während den fruchtbaren Zyklustagen nicht mehr flüssig und erschwert somit das Vordringen der Spermien in die Gebärmutter. Normalerweise werden Samen erst in der Scheide und der Gebärmutter fruchtbar (Kapazitation), doch auch dieser Vorgang wird durch die Pille gehemmt.

#### 4.3.2. Mikropille (Pearl-Index: 0.1 bis 1)

In dieser Pille ist nur eine kleine Menge an Östrogen enthalten, stattdessen mehr Gestagene. Wegen diesen Konzentrationen, die insgesamt tiefer liegen als bei der klassischen Pille, ist es möglich, sowohl Langzeitriskiken als auch allfällige Nebenwirkungen der Antibabypille zu reduzieren. Die Kehrseite der Medaille stellt die Disziplin bei der Einnahme dar: Kleinste zeitliche Verschiebungen gefährden die Verhütung!

#### 4.3.3. Minipille (Pearl-Index: 0.5 bis 3)

Die Minipille kann wegen der geringeren Hormondosis nur bedingt mit der normalen Pille verglichen werden, denn dadurch sind ihre Wirkungen um einiges schwächer.

Bei dieser Pille entfallen jegliche Östrogene, was sie besonders bei Frauen, die erst kurz zuvor entbunden haben, sehr beliebt macht. Denn sie ist während der Stillzeit einnehmbar, ohne dass das Kleinkind gefährdet wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass dies bei den Östrogenen nicht gewährleistet werden kann.

Die Wirkung der Minipille liegt darin, dass sie das Sekret am Muttermundpfropfen verändert, um den Spermien das Durchkommen zu vereiteln. Gleichzeitig wird der ausreichende Aufbau der Gebärmutterschleimhaut unterdrückt, wodurch eine Einnistung nicht möglich ist.

Der Nachteil liegt bei der Minipille ebenfalls bei der Einnahmezeit: Nur eine Abweichung von drei Stunden ist erlaubt! Und es kann vorkommen, dass die Blutungen länger andauern.

#### 4.3.4. Die Pille für den Mann

In den letzten 40 Jahren gab es immer wieder Versuche, auch für den Mann eine Verhütungspille anzubieten. Die dazugehörigen Forschungen laufen auf Hochtouren, und derzeit befinden sich mehrere Prototypen im klinischen Versuchsstadium mit freiwilligen

Probanden. Aber, obwohl sich einige Konzerne zusammengetan haben, um einen Vorsprung erarbeiten zu können, werden sich die Konsumenten noch ein Weilchen gedulden müssen, bis das Produkt auf den Markt kommt.



Noch vor wenigen Jahrzehnten wäre niemand auf die Idee gekommen, eine Pille für Männer herzustellen. Ihre Bereitschaft, bei der Verhütung mitzuhelfen, hielt sich in Grenzen, denn das sah man(n) damals eindeutig als Sache der Frau an! Diese Einstellung hat sich allerdings erheblich verändert, so dass heute einem derartigen Produkt entsprechende Marktchancen eingeräumt werden können.

Die bei den momentan laufenden Forschungen getesteten Pillen beinhalten, genau wie die Antibabypillen für die Frau, Gestagene. Diese bewirken bei der Hypophyse die Abgabe eines Freisetzungshormons, welches für die Unterbindung der Spermienproduktion sorgt.

Ein kleiner Schönheitsfehler dieser Pille ist, dass künstliches Testosteron aufgenommen werden muss, denn es ist nicht nur für die Heranreifung neuer Spermienzellen erforderlich, sondern regelt auch den Haarwuchs, den Muskelaufbau und ist für das Lustempfinden verantwortlich.

#### 4.3.5. Pille danach (Pearl-Index: 16 )

Diese Variante der Verhütung kommt nach ungeschütztem Geschlechtsverkehr zum Einsatz. Sie sollte aber nicht als Dauerlösung angesehen und benutzt werden.

Um die Pille danach zu erhalten, braucht man ein vom Arzt ausgestelltes Rezept. Sobald sie mehr als 72 Stunden nach dem ungeschützten Verkehr eingenommen wird, ist sie wirkungslos. Innerhalb der ersten 24 Stunden liegt die Erfolgsquote bei ca. 95 %, nimmt danach aber beständig ab. Sehr wichtig ist es, dass die zweite Pille genau 12 Stunden nach der ersten geschluckt wird.

Ihre Wirkung besteht darin, dass zum einen der Eisprung, zum anderen eine Einnistung in die Gebärmutter schleimhaut vereitelt wird.

Die Schattenseiten der Pille danach können sehr unangenehm werden. Neben den gewöhnlichen Nebeneffekten wie Erbrechen und Übelkeit, klagen viele Frauen über Unterleibsschmerzen, Kopfweh und Müdigkeit. Falls innerhalb der ersten vier Stunden nach dem Schlucken der Pille erbrochen wird, ist die Einnahme einer weiteren Pille notwendig.

#### 4.3.6. Einphasenpräparate (Pearl-Index: 0.5)

Wie aus dem Namen ersichtlich, besteht diese Variante der Pille aus nur einer Phase, was bedeutet, dass alle 21 wirkstoffhaltigen Tabletten dieselben Konzentrationen sowohl an Östrogenen als auch an Gestagenen vorweisen.

#### 4.3.7. Zweiphasenpräparate (Pearl-Index: 0.7)

Im Gegensatz zu den Einphasenpräparaten setzen sich die Zweiphasenpräparate aus zwei verschiedenen dosierten Pillenphasen zusammen. Während den ersten sieben Tagen der Anwendung nimmt man Pillen ein, die nur Östrogen und erst ab dem achten Tag auch Gestagene enthalten.

#### 4.3.8. Stufenpräparate (Pearl-Index: 0.7)

Diese Präparate sind mit ständig wechselnden Anteilen der einzelnen Hormone versehen. Damit kommt diese Form der Verhütung dem natürlichen weiblichen Zyklus am nächsten, was den Gebrauch sehr angenehm macht. Besonders Frauen, die bewusst nicht allzu grob ins natürliche Gleichgewicht ihres Hormonhaushalts eingreifen möchten, bevorzugen dieses Präparat.

Trotz der variierenden Konzentrationen der Bestandteile lässt sich dieses Produkt grob in verschiedene Phasen einteilen:

Während den ersten sechs Tagen verabreicht man Pillen, die sehr niedrig dosiert sind. Anschließend kommt es zu einer allgemeinen Erhöhung der Wirkstoffe, und darauf folgt eine Periode mit vermindertem Östrogen- sowie gesteigertem Gestagenanteil.

### 4.4. Vorteile der Pille

- Im Vergleich zu anderen Verhütungsmitteln wie Hormonspiralen, Crèmes, Gelees, Zäpfchen, Schaum oder Sprays etc. ist die Variante des Pillenschluckens sehr angenehm und einfach vorzunehmen.
- Es erfordert keine Präzision beim Positionieren, wie beispielsweise bei der Anwendung eines Diaphragmas, ohne dass dabei die Verlässlichkeit herabgesenkt wird.
- Falls erwünscht, ist es möglich, die Monatsblutung ganz wegfällen zu lassen.
- Die Wirkstoffe der Pillen vermögen häufige Beschwerden sowohl vor als auch während der Menstruation zu lindern, wodurch ein speziell dafür verabreichtes Schmerzmittel überflüssig wird.
- Ein Aspekt, der vor allem für Teenager eine große Rolle spielt, ist die Beseitigung beziehungsweise die Minderung von Hautunreinheiten und fettigem Haar.
- Die verabreichten Hormone lassen oft vorhandenen männlichen Haarwuchs, wie z. B. den Damenbart, zurückgehen.
- Die Pille hemmt gewisse Krebsarten, wie Eierstockkrebs, Gebärmutterhalskrebs und eventuell Brustkrebs. (siehe: <http://www.prolife.de/aktuelles/156.html>)

### 4.5. Nachteile der Pille

- Die Hormondosis ist nicht gerade gering, wodurch ein erheblicher Eingriff in den natürlichen Hormonhaushalt der Frau vorgenommen wird.
- Bei gewissen Krankheiten, wie Durchfall oder Erbrechen, oder der Einnahme von bestimmten Medikamenten, wie Schmerz-, Beruhigungs- und Kreislaufmitteln, Mittel gegen Epilepsie und Antibiotika, wird der Empfängnisschutz vermindert. Diese beschleunigen den Abbau der Stoffe in der Leber, wodurch ihre Wirkung verloren geht.

- Ohne Disziplin geht gar nichts: Sobald eine Pille vergessen wurde, ist die Verhütung für einen ganzen Zyklus nicht mehr garantiert.
- Wenn die Frau die Pille absetzt, kann es mehrere Monate bis zu einem Jahr dauern, bis ihr Zyklus und ihre Fruchtbarkeit wieder problemlos ablaufen.
- Das Risiko einer Infektion der Scheide und die Wahrscheinlichkeit einer Thrombose (Blutgerinnsel, Vorgänger einer Embolie) werden erhöht.
- Durch Speicherung von Wasser im Körper kann das Gewicht leicht ansteigen, meist etwa um 3 bis 4 Kilos.
- Das Risiko einiger Krebsarten wird durch die Pille erhöht.  
(siehe:[http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,OID4588022\\_TYP6\\_THE\\_NAV\\_REF3\\_BAB,00.html](http://www.tagesschau.de/aktuell/meldungen/0,1185,OID4588022_TYP6_THE_NAV_REF3_BAB,00.html))

## 4.6. Alternativen zur Pille

Neben der Entwicklung von unterschiedlichen Pillen erfand man in den letzten Jahren auch andere Methoden, die eine erfolgreiche Verhütung versichern. Diese hinken den Pillen in Sachen Sicherheit allerdings noch etwas nach.

Viele der bereits erwähnten Nachteile der Pillen fallen bei den Alternativen weg. Man muss nicht jeden Tag daran denken, sie einzunehmen, denn die alternativen Verhütungsmittel sind für eine langzeitige Anwendung gedacht. Durch Erbrechen, Durchfall oder Medikamente wird die Wirkung nicht gestört, da die Hormone nicht über den Magen oder den Darm an ihr Ziel gelangen.

### 4.6.1. Das Verhütungspflaster (Pearl-Index: 0.9)

Das Verhütungspflaster ist das neueste Mittel, denn es ist erst seit Sommer 2003 erhältlich. Auf den ersten Blick scheint es ein gewöhnliches Pflaster von 4,5 x 4,5 Zentimeter, das auf die Haut geklebt wird. Tatsächlich wird es so gebraucht. Das beste Resultat wird erzielt, wenn es auf dem Bauch, der Außenseite des Oberarms, dem Oberkörper (außer im Brustbereich) oder dem Gesäss angebracht wird. Dort verbleibt es eine Woche. Während dieser Zeit liefert es dem Körper Östrogene und Gestagene, die über die Haut direkt ins Blut wandern. Nach einer Woche wird das Pflaster durch ein neues ersetzt, und das dreimal hintereinander. In der vierten Woche verzichtet man darauf, damit die Monatsblutung stattfinden kann. Anschließend beginnt das Ganze von vorne.

Ein kleiner Nachteil ist, dass sich das Pflaster im Schwimmbad oder in der Sauna lösen kann, was die Wirkung unterbricht und dadurch nicht mehr garantiert. Laut Hersteller geschieht dies aber erst, wenn das Pflaster mehr als einen Tag lang nicht auf der Haut lag.

Kosten: Eine Dreimonatspackung kostet ca. 61.50 Fr.

### 4.6.2. Der Verhütungsring (Pearl-Index: 0.65)

Dieser Ring namens Nuva-Ring, bestehend aus flexiblem Kunststoff, ist seit einem Jahr auf dem europäischen Markt. Sein Durchmesser von 5 cm lässt ihn aussehen, wie einen Haargummi, allerdings sollte er anders angewendet werden, wenn man seine Wirkung ausnutzen will.



Gleich einem Tampon wird er in die Vagina eingeführt, wo er drei Wochen bleibt, um Östrogene und Gestagene abzugeben. Dadurch kann der Eisprung in den Eierstöcken, sowie eine Nidation in der Gebärmutter Schleimhaut vereitelt werden.

Wie beim Verhütungspflaster legt man nach drei Wochen eine Hormonpause ein, um die Monatsblutung zu ermöglichen.

Durch die geringe Hormondosis ist diese Methode für die meisten Frauen verträglich. Einige Paare empfinden den Ring beim Sex als störend, doch es ist möglich, ihn bis zu drei Stunden pro Tag zu entfernen, ohne die Verhütung zu gefährden.

Im Unterschied zu den Pillen, wo der Hormongehalt im Blut kurz nach der Einnahme sehr hoch ist, sich dann aber langsam bis zum nächsten Tag abbaut, verteilt der Hormonring seine Wirkstoffe gleichmäßig und langsam.

Antibiotika und Antiepileptika können die Wirksamkeit des Verhütungsringes beeinflussen.

Kosten: Eine Dreimonatspackung kostet ca. 69.00 Fr.

#### 4.6.3. Das Verhütungsstäbchen / Implanon (Pearl-Index: 0.1)

Seit etwa fünf Jahren kann das Implanon bezogen werden. Sein Aussehen erinnert an ein alltäglich verwendetes Streichholz, welches in den Oberarm direkt unter der Haut eingesetzt wird. Ein solches Stäbchen hält drei Jahre und verteilt Gestagen. Daher ist es eng mit der Minipille verwandt, obwohl es um ein zehnfaches schwächer dosiert ist. Um testen zu können, ob das Implanon vom eigenen Organismus akzeptiert wird, kann einige Monate lang die Minipille ausprobiert werden. Erbrechen und Durchfall können der Wirkung nichts anhaben, im Gegensatz zu Antibiotika und Antiepileptika.



Nachteile sind auch hier vorhanden: Zum einen kann sich die Regelblutung wandeln, oder sogar ausbleiben, und zum anderen klagen manche Frauen über Akne und unreiner Haut. Die Wahrscheinlichkeit einer Gewichtszunahme ist ungefähr gleich wie bei der Pille.

Kosten: Für drei Jahre etwa 480.00 Fr.

## 4.7. Aufgaben

1. Was sagt der Pearl-Index über die Sicherheit eines Verhütungsmittels aus?
2. Zähle drei Vor- und drei Nachteile der Pille (gegenüber anderen Verhütungsmitteln) auf.

## 5. Kapitel 5: Einflüsse der Pille auf die Umwelt

### 5.1. Einleitung

Frauen, die sich dazu entschliessen, die Pille einzunehmen, müssen zuerst ein Gespräch mit ihrem Frauenarzt beziehungsweise mit ihrer Frauenärztin führen. Dadurch soll verhindert werden, dass es ein böses Erwachen gibt bei der Anwendung und den dabei anfallenden Nebenwirkungen. Sobald sie darüber informiert sind, was alles passieren könnte, liegt die Entscheidung bei ihnen, ob sie dies in Kauf nehmen wollen oder nicht.

Doch wie ist das mit den Nebenwirkungen der Hormone, die sich hauptsächlich oder ausschliesslich in der Umwelt bemerkbar machen? Liegt es wirklich in unserer Macht, darüber zu entscheiden, ob es angebracht ist, da wir eine Schwangerschaft vermeiden wollen, unsere Natur mit all ihren Tieren und Pflanzen solchen Stoffen und ihrem Wirken auszusetzen, ohne dass wir genau sagen können, wie dies enden wird?

Erschreckend ist, dass etwa 12'000 Chemikalien auf dem europäischen Markt sind, von denen keinerlei Tests bezüglich ihrer Verträglichkeit und Nebenwirkungen bei Mensch und Tier vorliegen. Einige wurden mittlerweile als giftig erkannt und vom Markt entfernt, doch für all jene Personen, die mit dieser Substanz vorher in Kontakt kamen, kann dies bereits zu spät sein.

Wieso bis heute keine weltweite Zusammenarbeit zur Behebung oder Verminderung der Umweltverschmutzung auf die Beine gestellt werden konnte, ist fraglich, denn jeder weiss, dass diese Problematik keine Landesgrenzen oder Kontinente berücksichtigt. Leider existieren auch keine weltweit geltenden Normen, das heisst, jedes Land kann selbst bestimmen, wie sauber beziehungsweise verunreinigt es seine Gewässer, Wälder und Städte halten will. Leider lassen sich hier grosse Unterschiede beobachten.

Sobald ein Land nur gering auf die Umweltverträglichkeit ihrer Wirtschaft achtet, kann es bald passieren, dass sich Leute in benachbarten Ländern darüber ärgern, dass sie Unmengen an Abgastests und anderen Kontrollen an Geräten und Maschinen über sich ergehen lassen müssen, währenddem es anderen frei steht, wie sie dies handhaben. Auf diese Weise taucht schnell die Frage nach dem Eigennutz auf. Oftmals kommt es vor, dass einer nach dem andern aufhört, sich an die Vorschriften zu halten, und dies eigentlich nur aus kindischen Gründen. Dass dadurch der Natur keineswegs geholfen wird, bleibt ausser Acht gelassen.

### 5.2. Lernziele

Die oben erwähnten, durch den Arzt oder die Ärztin vorgestellten Risiken beziehen sich meistens nur auf den weiblichen Körper, nicht aber auf die Umwelt. Daher ist es verständlich wenn auch schade, dass kaum eine der mit Hormonpräparaten verhütenden Frauen über allfällige umweltschädliche Nebenwirkungen Bescheid weiss. Doch was lässt sich heute über die Auswirkungen der Pille in der Natur sagen? Welche Effekte lösen die Hormone aus?

Ob und, falls ja, wie sich diese Stoffe auf unsere Umwelt auswirken, wollen wir in diesem Kapitel in Erfahrung bringen.

### 5.3. Endokrin wirkende Stoffe

Was nur sehr wenige Personen wissen, ist, dass, wenn sie die Antibabypille oder andere Arzneimittel schlucken, nur ein geringer Teil der eingenommenen Wirkstoffe in unserem Körper „verbraucht“ wird. Der grosse Rest gelangt schon nach kürzester Zeit mit dem Urin in die Kanalisation und anschliessend in die Kläranlagen. Einige dieser Stoffe werden durch unseren Organismus umgewandelt, wodurch sie anschliessend für die Umwelt noch schlimmer sein können. Trotz modernsten Technologien ist es den Abwasser- aufbereitungsanlagen (ARA) bisher nicht möglich, alle Schadstoffe aus dem Wasser zu entfernen, sodass diese Substanzen zusammen mit dem „sauberen“ Wasser in die Flüsse abfliessen.

Zu dieser Gruppe gehören auch viele endokrin wirkende Stoffe. Unter Stoffen mit endokriner Wirkung versteht man Fremdstoffe, die störend ins Hormonsystem der Tiere oder des Menschen eingreifen. Diese besitzen die Fähigkeit, an einen Rezeptor anzudocken, und anschliessend, genau wie ein Hormon, die Herstellung gewisser Proteine zu unterbinden. Des Weiteren kann ihr Anlagern am Rezeptor auch eine Blockierung für ein Hormon darstellen. Der besagte Rezeptor ist so bereits besetzt, wodurch das Hormon seine Aufgabe nicht mehr erfüllen kann.

Geschlechtshormone und geschlechtshormonähnliche Substanzen (u. a.  $17\alpha$ -Ethinylestradiol (Wirkstoff der Antibabypille) gelten als die Hauptverursacher der Einflüsse auf die Tierwelt. Diese können bei einzelnen Individuen, aber auch bei ganzen Populationen vorliegen. Schon heute liegen gravierende Beispiele vor.

#### 5.3.1. Beispiel Alligatoren

Nach einem Industrieunfall, bei dem Organchlorpestizide in einen See gelangten, bemerkten Forscher, dass die Population der Alligatoren abnahm. Zusätzlich stellten sie eine Verkümmern der Fortpflanzungsorgane junger Männchen fest. Bei einigen war die Zeugungsfähigkeit stark herabgesetzt, manche waren sogar steril.

#### 5.3.2. Beispiel Meeresschnecken

Um Schiffsrümpfe vor Bewuchs zu schützen, werden diese mit einem Anstrich behandelt. In einigen der verwendeten Anstriche war Tributylzinn vorhanden, der sich negativ auf die Population der Meeresschnecken auswirkte: Viele der weiblichen Exemplare wurden männlich, was zu einer tieferen Fortpflanzungsrate führte. An manchen Meeresküsten und entlang wichtiger Schifffahrtwege ist die Zahl dieser Art stark verringert.



#### 5.3.3. Beispiel Seehundsterben

Eines der neuesten erschreckenden Beispiele, in dem sich das ungeheure Ausmass der Schadstoffbelastung widerspiegelt, ist das vor einem Jahr vorgefallene Seehundsterben im Wattenmeer. Dabei kamen mehr als zehntausend Seehunde ums Leben, also beinahe die Hälfte der dort heimischen Exemplare. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Seehunde in der Nahrungskette zuoberst stehen, und durch das Fressen von hoch belasteten Fischen eine

riesige Menge der schädlichen Substanzen aufnehmen. Diese lagern sich in ihrem Fettgewebe an, was das Immunsystem der Seehunde schwächt, so dass sie anderen Krankheiten erliegen.

#### 5.3.4. Beispiel Fischotter



Forscher vermuten heute, dass die Tatsache, dass der Fischotter in der Schweiz ausgestorben ist, mit einer durch hormonaktive Stoffe belasteten Umwelt zusammenhängt. Sie halten es für möglich, dass seine Beute aufgrund dieser Belastung an der Zahl abnahm, und der Fischotter dadurch immer weniger Nahrung fand. Dies bewirkte eine geringere Fortpflanzung, weil diese mit einem hohen Energieaufwand verbunden ist, der die Kräfte mancher Otter überstiegen haben könnte.

Wie wir bereits wissen, spielen die Östrogene und Androgene (weibliche und männliche Geschlechtshormone) eine zentrale Rolle in der Entwicklung und Fortpflanzung eines Individuums. Durch endokrin wirkende Substanzen gerät der gesamte Hormonhaushalt aus dem Gleichgewicht, was schwerwiegende Folgen nach sich ziehen kann.

Zwei Beispiele aus der Natur:

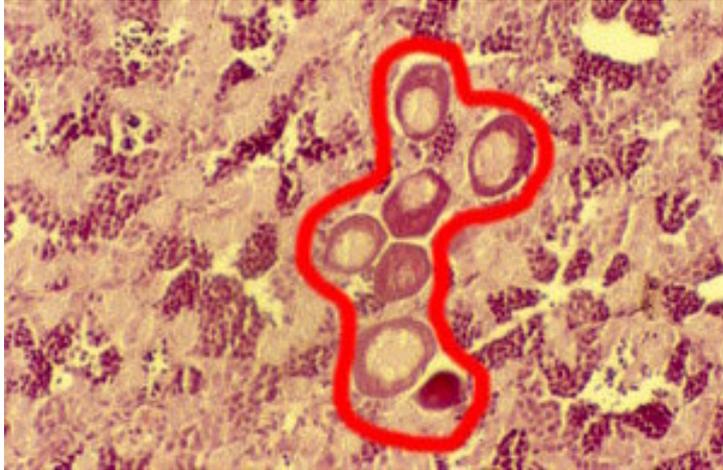
- Östradiol: Eine minimale Dosis bewirkt bereits eine Erhöhung des Uterusgewichts sowie den Produktionsstart von Enzymen im Uterus, die normalerweise dort nicht vorkommen.
- $17\alpha$ -Ethinylestradiol: Genau wie das Östradiol lässt dieser Stoff das Gewicht des Uterus steigen. Nebenbei verhornt sich ein Teil der Vagina.

Falls diese Änderungen vorliegen, ist es gewiss, dass die Fortpflanzung erschwert wird. Sie ist nicht sofort unmöglich, doch die Wirkungen der unangebrachten Enzyme im Genitalbereich können dies nach sich ziehen.

#### 5.4. Verweiblichung der männlichen Fische

Ein mittlerweile bekanntes Problem stellt die Verweiblichung der Fische durch die steigende Konzentration an weiblichen Geschlechtshormonen in den Gewässern dar.

Die hormonaktiven Stoffe werden für eine ganze Reihe von Veränderungen verantwortlich gemacht, und bewirken unter anderem eine Produktion des Eidotterproteins Vitellogenin in männlichen Fischen. Normalerweise liegt dieses Protein nur bei den Weibchen vor. Die betroffenen Männchen produzieren im Gegenzug weniger Spermien, was die Fortpflanzung stark herabsetzt.



Verweiblichung männlicher Fische: Eizellen im Hoden eines männlichen Gründlings aus der Suhre, einem Abfluss aus dem Sempachersee.

Wäre das Geschlecht bei den Fischen eindeutig durch die genetischen Informationen (DNA) geregelt, könnte dieses Problem nicht auftreten. Doch im Gegensatz zu uns Menschen können bei den Fischen die äusseren Einflüsse das Geschlecht beeinflussen und gegebenenfalls verändern. Ursprünglich sollte diese Fähigkeit zur Geschlechtsumwandlung das Überleben der Fische garantieren, aber durch das unnachsichtige Handeln der Menschen entwickelt es sich nun zu einem Nachteil, der ganze Populationen auslöschen könnte.

## 5.5. Was bewirken hormonaktive Stoffe im Wasser beim Menschen?

Einige Forscher hegen heute den Verdacht, dass die hormonaktiven Stoffe für die steigende Anzahl von Hodenkrebs, Brustkrebs und **Hodenhochstand** verantwortlich sind. Auch hier herrscht noch grosser Forschungsbedarf.



Jene dieser Stoffe, die sich nur langsam zersetzen, stellen eine grosse Gefahr für die Menschheit und die Tierwelt dar. Sie besitzen ferner die Eigenschaft, dass sie durch Regen oder Wind in der ganzen Welt umherwandern. Man fasst diese Substanzen unter dem Kürzel „POPs“ zusammen, was übersetzt soviel bedeutet, wie langlebige organische Schadstoffe („persistent organic pollutants“). Man kennt sie auch unter dem Begriff Dauergifte.

Die Dauergifte reichern sich durch den langsamen Abbau allmählich in der Natur an, was besonders gefährlich wird, wenn sie sich in einer Nahrungskette niederlassen: Dadurch nimmt der Endverbraucher eine um ein Vielfaches höhere Konzentration des Giftes auf, als in der Ausgangslage vorhanden war (Beispiel: Seehundsterben). Da sie sich gut in Fetten lösen, trifft man sie häufig in fetthaltigen Nahrungsmitteln wie Fisch, Fleisch, Milch und auch Muttermilch.

Im hohen Norden, beispielsweise in Grönland, Nord-Kanada und Alaska sind die Dauergifte auffällig weit und stark verbreitet. Dies kommt daher, dass Dauergifte in kalten Gebieten mit wenig Sonneneinstrahlung und tiefen Temperaturen am langsamsten abgebaut werden.

Diese Tatsache macht vor allem die Inuit zu einer der gefährdeten Risikogruppen. Denn eines ihrer Hauptnahrungsmittel ist der Fisch, und obwohl sie wahrscheinlich zu den Menschen gehören, die einen kleinen Beitrag zur Umweltverschmutzung leisten, sehen sie sich mit weit

über den als unbedenklich eingestuften Werten konfrontiert. Die kanadischen Gesundheitsbehörden wendeten sich an junge Inuitfrauen, um sie davon abzubringen, traditionelle Delikatessen wie Walhaut mit Speck zu sich zu nehmen. Durch solche Speisen nehmen ihre Kleinkinder während der Schwangerschaft und der Stillzeit eine gefährlich hohe Menge an Giftstoffen auf.



Dadurch, dass wir gleichzeitig einem ganzen Cocktail an Dauergiften ausgesetzt sind, kann man die einzelnen Folgen nicht abschätzen. Sorgfältig durchgeführte Forschungen an Lebewesen in und an den Grossen Seen in Nordamerika ergaben, dass Fortpflanzungsprobleme und eine damit verbundene Abnahme der Population auftreten können.

Zudem beobachtete man Schilddrüsenstörungen sowie einerseits die Verweiblichung von Männchen, andererseits die Vermännlichung von Weibchen. Das Immunsystem der dort vorkommenden Individuen ist sichtlich geschwächt, und Tumore, sowie verschiedene Arten von Krebs sind häufig schon bei der Geburt der Jungtiere vorhanden. Vor allem bei Raubtieren war dies ausgeprägt, da sie meist am Ende einer Nahrungskette stehen.

Menschen, die an großen Gewässern leben und oft Fisch essen, leiden häufiger an Krebs und Tumoren, aber auch Verhaltensstörungen und Lernschwierigkeiten bei Kindern sind in solchen Gebieten stärker verbreitet. Genau wie bei den Tieren ist auch ihre Fruchtbarkeit und ihr Sexualsystem beeinträchtigt.

## 5.6. Forschungsprojekte bzw. Lösungsvorschläge der Schweiz und der EU

### 5.6.1. Fischnetz

Seit 1998 existiert ein Projekt, das von den Bundesinstitutionen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) sowie einigen Kantonen zum Leben erweckt wurde. Ihr Ziel ist es, Veränderungen in der gesamten Schweiz zu dokumentieren, herauszufinden, was den Fischrückgang in der Schweiz verursacht und Massnahmen zu entwickeln, damit dieser Rückgang behoben werden kann. Der Name dieses Projekts lautet „Netzwerk Fischrückgang Schweiz“, kurz „Fischnetz“. Seit einiger Zeit sind auch das Fürstentum Liechtenstein (FL), alle übrigen Schweizer Kantone, der Schweizerische Fischerei-Verband und die Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie (SGCI) am Projekt beteiligt. Durch dieses Projekt wurden erstmals intensive Untersuchungen der Fischbestände in Fliessgewässern durchgeführt. Dabei gab es zwei Vorgehensweisen:

- **Monitoring-Studien:** Bei dieser Variante beobachtete und studierte man viele Fliessgewässer, um einen Überblick über die Verbreitung bestimmter Phänomene (z. B. Wasserqualität oder Verschmutzung durch bestimmte Stoffe) zu erlangen.

- Fallstudien: Hier wurden einige wenige Fließgewässer, über die man bereits einige Daten gesammelt hatte, umfassendst unter die Lupe genommen. Daten über Fischfänge, Fischbesatz und die Verbreitung der Fische waren dabei wichtig.

Die Kombination beider Verfahren erlaubte es, gezielte Schlussfolgerungen zu ziehen.

Im Dezember 2003 ging das Projekt zu Ende, und es erschien ein 180-seitiger Schlussbericht. Folgende der anfangs aufgestellten Arbeitshypothesen wurden unter anderem untersucht:

- Die Fische leiden an einer Fortpflanzungsschwäche
- Den Fischbeständen fehlen genügend nachwachsende Fische
- Die Belastung der Gewässer durch Chemikalien beeinträchtigt die Fischgesundheit und führt deshalb zu einem Fischrückgang

Diese Thesen konnten zwar nicht bewiesen werden, doch der Verdacht hat sich aufgrund der Untersuchungen verhärtet.

Mehrere der über 77 Teilprojekte wiesen Östrogene in den Ausläufen der Kläranlagen nach. Unter anderem fand man die natürlichen Steroidhormone Östron, Östradiol, Östriol, das synthetische Ethinylöstradiol, welches in diversen hormonellen Verhütungsmitteln vorkommt, sowie verschiedenste Industriechemikalien. Wenn die Abwässer, die solche Stoffe enthalten, im Vorfluter, einem bestimmten Teil der Kläranlage, genügend stark verdünnt werden, kann die Belastung der Gewässer einigermaßen gering gehalten werden. Doch meistens ist die Verdünnung zu schwach, wodurch die Gebiete direkt unterhalb eines Auslaufes hohe Belastungen erfahren. Je weiter man sich von den Kläranlagen entfernt, desto schwächer sind die Stoffe konzentriert.

### 5.6.2. EU-Projekt Comprehend

Wegen der Vielzahl heute tagtäglich verwendeter Stoffe, die schlussendlich in der aquatischen Umwelt enden, sei es durch Oberflächenabschwemmung, Unfälle, oder Kläranlagenausläufe, untersuchte das EU-Projekt Comprehend europaweit das Vorhandensein und die Verteilung von hormonaktiven Stoffen in den Ausläufen von Kläranlagen. Ausserdem beschleunigten sie die Forschung bezüglich der Entwicklung von Nachweisverfahren und es gelang ihnen, bereits vorhandene Verfahren erheblich zu verfeinern.

### 5.6.3. EU-Projekt Poseidon

Da bekanntlich weltweit die Wasserressourcen schwinden, ist es unausweichlich, auch gereinigtes Abwasser zur Trinkwasserversorgung zu verwenden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn das recycelte Wasser keine Schadstoffe mehr enthält, denn deren Folgen sind bisher nur schwer einzuschätzen und vorherzusagen.

Dass neue Technologien erforderlich sind, um diesen wichtigen Schritt zu tun, zeigen neueste Forschungsergebnisse:

Es wurde erkannt, dass Rückstände von Arzneimitteln, wie Antibiotika und hormonaktives Ethinylestradiol, sowie kosmetische Inhaltsstoffe, beispielsweise UV-Filter aus Sonnencreme oder Duftstoffe, bei der Wasseraufbereitung in den heutigen Kläranlagen nicht entfernt werden. So gelangen sie später in die Fließgewässer, wo mittlerweile erschreckende Konzentrationen dieser Substanzen gemessen wurden. Ein kleiner Teil dieses Wassers gelangt so in unsere Grundwasser-Ressourcen, und manchmal auch ins Trinkwasser. Man befürchtet,

dass diese durch Antibiotika verunreinigten Gewässer zur Resistenzbildung von Umweltbakterien beitragen.

Das Forschungsvorhaben „Poseidon“ hat es sich daher zum Ziel gemacht, die Technologien zur Verbesserung der Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung voranzubringen. So soll erreicht werden, dass Arzneimittel und Kosmetika praktisch vollständig beseitigt werden. Ein zweiter Schritt stellt das erforderliche Konzept zur Wiederverwendung des aufbereiteten Abwassers dar. Dabei denkt man nicht nur an die Verwendung als Trinkwasser, sondern beispielsweise auch an jene der Bewässerung in der Landwirtschaft.

#### 5.6.4. NoMix-Toiletten

Das bei diesem Projekt verfolgte Ziel ist die separate Entsorgung des Urins (getrennt von den Fäkalien), um ihn sammeln und aufbereiten zu können.

Das WC selbst kann ganz normal benutzt werden, mit einer kleinen Differenz: Es ist erforderlich, dass sich alle, auch die männlichen Exemplare der Schöpfung, fürs kleine Geschäft hinsetzen. Die Idee der separaten Entsorgung des Urins ist keineswegs neu. In China wird dies bereits seit mehreren Jahrhunderten gemacht und der gesammelte Urin als Dünger für die Felder verwertet. In Jemen leitet man ihn an die Aussenwände der Häuser, wo er langsam herabsickert und verdampft.

Mittlerweile gibt es verschiedene Modelle von Urin separierenden Toiletten. Ihnen allen liegt aber dasselbe Prinzip zugrunde: Die Fäkalien nehmen den hinteren Teil des WC in Anspruch, und gelangen auf dem konventionellen Weg in die Kläranlagen. Im vorderen Bereich befindet sich jedoch ein weiteres Becken, in dem Urin gesammelt und von dort aus in einen Sammeltank weitergeleitet wird. Dabei wird eine minimale Spülwassermenge verbraucht, um den Urin möglichst unverdünnt weiterzuleiten. Die zwei Becken können daher unabhängig voneinander gespült werden.



Optimal wäre es, wenn gering verschmutztes Toilettenpapier separat in einem Mülleimer gesammelt und entsorgt würde.

Die Firma Roedinger brachte vor kurzem ein neues Modell auf den Markt, dem ein ausgeklügelter Mechanismus zugrunde liegt: Der Deckel des Urinbeckens öffnet sich erst, wenn das Gewicht einer Person auf den WC-Rand drückt. Sobald sich diese wieder erhebt, um die Spülung zu betätigen, schliesst er sich, wodurch eine Vermischung mit Spülwasser vermieden werden kann. Wasser und Papier gelangen in die Kläranlage.

Um zu Hause ein solches Toilettenmodell einbauen zu können, ist ein kleiner Aufwand, sowie leicht höhere Kosten in Kauf zu nehmen. Neben den für ein herkömmliches WC erforderlichen Anschlüssen für Wasserzu- und Abwasserablauf benötigt man einen Urinablauf. Ferner fallen Sammelleitungen an, die zu einem speziell eingerichteten Tank im Keller führen.

Die Schweiz hat in dieser Sache noch einen langen Weg zu gehen, denn momentan fließt der Urin gemeinsam mit den Fäkalien in die Kläranlage, ohne dass er speziell aufbereitet wird. Verschiedenste Forschungen laufen, welche das Ziel verfolgen, den Urin so zu behandeln,

dass er nach der Reinigung als Dünger wiederverwendet werden könnte. Damit dies bedenkenlos möglich ist, müssen zuvor alle Mikroverunreinigungen (Hormone, Medikamentenrückstände) entfernt werden. In anderen Ländern, wie zum Beispiel Schweden, bringt man den Urin bereits heute auf die Felder als Düngemittel. Allerdings nehmen sie nur eine kleine - in den Augen der Schweizer Forscher unzureichende - Reinigung des Urins vor.

## 5.7. Situation in der Schweiz

In mehreren der Schweizer Gewässer wurden endokrin wirkende Stoffe nachgewiesen, doch auch andere Schadstoffe sind vorhanden, die unseren Fischbeständen stark zusetzen.

- Im Rhein fand man beispielsweise neben diversen anderen Substanzen auch Spuren von Organochlorpestiziden und pflanzliche Steroide.
- Im Langensee leiden die Fische unter der hohen Belastung durch Organochlorpestizide. Sogar die Fisch fressenden Vögel sind von diesem Problem belastet, und weisen hohe Gehalte dieses Stoffes auf.

Immerhin konnte die Belastung durch Organochlorpestizide im Genfersee, Hochrhein und südlichen Oberrhein gesenkt werden.

Dennoch hinkt die Schweiz in Sachen Forschung anderen Ländern, wie Deutschland, England und Israel, hinten nach. Bei uns wurden noch keine systematischen Untersuchungen über das Vorkommen sowohl natürlicher als auch synthetischer Östrogene in den Gewässern durchgeführt.

## 5.8. Neueste Meldungen

Alle zwei Jahre veröffentlicht das Environmental Toxicology Program einen Bericht mit den neuesten Erkenntnissen zu Krebs erregenden Stoffen. Der zuletzt vorgelegte Bericht war schockierend:

In den USA wurde die Antibabypille aufgrund einiger Bestandteile, genauer gesagt, wegen weiblichen Geschlechtshormonen, als krebserregende Substanz eingestuft. Die der Antibabypille zugrunde liegenden Hormone gelten gemäss dieses Berichts sogar als „uneingeschränkt Krebs auslösend“. Würde sich diese Behauptung bestätigen, stünden wir vor einem weiteren globalen Problem! Offiziell wurden diese Befürchtungen noch nicht anerkannt, da die dazugehörenden Überprüfungen noch nicht abgeschlossen sind.

Unter den Forschern gibt es einige, die noch schlimmere Befürchtungen aussprechen: Der Transport sowie die Lagerung des Verhütungsmittels müsse mit jener der Giftstoffe gleichgesetzt werden, um Schlimmeres zu verhindern.

In den USA hat der Markt für Hormonpräparate zur Behandlung nach der Menopause bereits stark gelitten. Schon jetzt macht sich bei den Produzenten die Angst vor Schadenersatzklagen bemerkbar. Denn sollte sich herausstellen, dass die Antibabypille ein gesundheitliches Risiko darstellt, würden diese in Milliardenhöhe schnellen.

Auch bei den Tierzüchtern hat die Veröffentlichung des Berichts einige Änderungen mit sich gebracht:

Wer nun Geschlechtshormone einsetzt, macht sich strafbar, denn diese stehen neuerdings auf der gleichen Ebene wie Arsen und andere als Gifte eingestufte Substanzen.

### 5.8.1. Sterben die Männer aus?

Nun folgt ein Artikel, der gelesen, aber vielleicht nicht allzu ernst genommen werden sollte.

19.09.2003

Der Mann, ein Irrtum der Natur?

Den Verdacht hegten viele Frauen ja schon länger, nun scheint es wahr. Die Männer sind das schwächere Geschlecht und es kommt noch "besser": Langsam aber sicher mutieren sie zur Frau.

Es ist kein Spaß, ein Mann zu sein, besonders nicht dieser Tage. Von allen Seiten schlechte Nachrichten: Streberhafte Mädchen überrunden in den Schulen völlig ahnungslose Jungen und stellen etwa 60 Prozent der Studentenschaft an den Universitäten. In europäischen Gewässern tummeln sich immer mehr unfruchtbare Zwitter anstelle aktiver Fisch-Männchen. (Ob dies nur das Tierreich betrifft, wurde noch nicht verlautbart.) Und dann verbreiten auch noch international tätige Genetiker die Kunde vom Niedergang des männlichen Erbmaterials, verkörpert durch das Y-Chromosom, dem biologischen, dem wahren Sitz der Männlichkeit. Ab wann gibt's keine Männer mehr?

Verglichen mit den anderen Chromosomen des Menschen, zum Beispiel dem robusten X-Chromosom (von dem Frauen gleich zwei besitzen), präsentiert sich das Y-Chromosom in armseliger Verfassung, schlimmer noch: Es schrumpft! Was 100 Jahre Frauenbewegung nicht geschafft hat, gelingt jetzt der Evolutionsbiologie im Handstreich: die totale Demontage des Männlichen. Auch die sensationsgierigen Medien schlagen bereits auf das geschundene Fisch-Männchen der Spezies Homo Sapiens ein. Und das Nachrichtenmagazin "Der Spiegel" bezeichnet den Mann, beziehungsweise seinen Zustand in seiner aktuellen Ausgabe sogar als "Krankheit".

Dieser Artikel "Aspekte" rang dem britischen Genetiker Steve Jones, der am University College London lehrt und gerade das Abrechnungswerk "Der Mann. Ein Irrtum der Natur?" auf den Markt gebracht hat, eine genaue Prognose darüber ab, wie viel Zeit dem Mann auf Erden wohl noch beschieden sein könnte. Die schockierende Antwort: Nur etwa 100 Millionen Jahre, für einen Evolutionsbiologen sei das ungefähr übermorgen, so Jones. Mann oh Mann.

## 5.9. Aufgaben

1. Wie könnte das Aussterben des Fischotters in der Schweiz erklärt werden?
2. Was versteht man unter Stoffen mit endokriner Wirkung?
3. Wieso werden Geschlechtshormone beziehungsweise geschlechtshormonähnliche Substanzen als besonders schlimme, endokrin wirkende Stoffe eingestuft?
4. Welche Substanz beinhalteten die Schiffsanstriche, die sich negativ auf die Populationen der Meeresschnecken auswirkten?
5. Was passiert bei der Verweiblichung männlicher Fische? Wie könnte dieses Problem unmöglich gemacht werden?
6. Welches Ziel verfolgt das EU-Projekt Poseidon?
7. Wie ist das NoMix-WC konstruiert?
8. Welche Bevölkerungsgruppe ist mehr als andere von der Umweltverschmutzung durch Chemikalien betroffen? Wieso? Begründe deine Antwort mit Hilfe der RGT-Regel aus Kapitel 2.

## Schlussfolgerung

Ist die Antibabypille, das in der heutigen Zeit neben dem Kondom wohl am häufigsten verwendete Verhütungsmittel, ein Segen oder ein Fluch?

Oft habe ich mir im Verlaufe meiner Arbeit über die oben genannte Leitfrage Gedanken gemacht. Doch jedes Mal, wenn ich glaubte, die Antwort gefunden zu haben, tauchte wieder ein neues Argument auf, welches mich verunsicherte. Irgendwann wurde mir bewusst, dass ich kaum eine Antwort finden werde, die auf die gesamte Menschheit zutrifft.

In den Augen religiöser Menschen, die den Geschlechtsverkehr vor der Ehe vehement ablehnen, mag die Antibabypille beispielsweise ein sinnloses Medikament darstellen. In ihrem Leben gibt es keine Verwendung für ein solches Verhütungsmittel, und auch viele ältere Personen werden ähnlich denken: Denn als sie jung waren, existierte Sex nur als Teil der Ehe (zumindest offiziell; wie es wirklich war, kann ich nicht beurteilen). Und sobald man verheiratet war, wollte man meist eine eigene Familie gründen.

Inzwischen befinden wir uns jedoch in einem Zeitalter, wo sowohl Scheidungen als auch Seitensprünge an der Tagesordnung sind. Die Ehe wird von den meisten längst nicht mehr als heilige Verbindung, die einerseits vor Gott, andererseits vor dem zukünftigen Partner geschlossen wird. Viele der jungen Frauen haben bereits Jahre vor ihrer Hochzeit Sex, und wollen diesen daher nicht mit dem Thema „Familiengründung“ in Verbindung bringen. In ihren Augen ist die Antibabypille eindeutig positiv.

Man fände gewiss noch viele weitere Menschengruppen, die jeweils eine andere Meinung zur Pille vertreten.

Meiner Meinung nach ist die Antibabypille solange ein Segen, wie sie sinngemäss, und damit meine ich zur Verhinderung einer Schwangerschaft, eingesetzt wird. Sicher, es würde auch ohne gehen, doch ich selbst ziehe eine Unterbindung einem Abbruch der Schwangerschaft ganz klar vor. Ich befürchte nämlich, dass die Anzahl Abtreibungen um einiges ansteigen würde, wenn die Verhütungsmittel unsicherer oder abgeschafft worden wären. Denn es ist höchst unwahrscheinlich, dass durch eine solche Veränderung das Verhalten der Menschen beeinflusst würde.

Heute trägt die Antibabypille, genau wie die Fristenlösung, (Erlaubnis, in den ersten zwölf Wochen der Schwangerschaft abtreiben zu dürfen), ihren Teil zur Veränderung der Haltung gegenüber der Sexualität bei. Früher verzichtete man eher auf Sex, da man eine Schwangerschaft nicht riskieren wollte. Ein uneheliches Kind war eine Schande, und dies bekamen die Eltern zur Genüge von der Gesellschaft zu spüren: Jeder konnte auf sie zeigen und sie beschimpfen, mochte er selbst noch so geächtet sein. Heutzutage ist es jedoch möglich, den Körper derart zu beeinflussen, dass eine Schwangerschaft nahezu unmöglich ist, weshalb nicht unbedingt auf Sex zu verzichten ist. Selbst wenn die Frau schwanger werden sollte, kann sie ja immer noch abtreiben. Die Antibabypille schützt also, böse gesagt, auch ein wenig davor, die Konsequenzen seines Tun zu tragen. Das ist in meinen Augen traurig, denn dafür ist sie nicht gedacht. Das finde ich, können wir gegenüber unserer Umwelt nicht verantworten. Bei einem solchen Benehmen erscheinen unsere Anstrengungen in Sachen Tierschutz lächerlich, und erwecken den Eindruck, dass wir nur unser schlechtes Gewissen beruhigen wollen.

Würde man diese Leitfrage aus der Sicht der Umwelt beantworten wollen, so scheint eine Antwort viel offensichtlicher:

Durch Hormone (und andere Arzneimittel) verunreinigte Gewässer, die verschiedenste Tierarten gefährden, verändern oder ausrotten, und eine Gefahr für die weltweite Trinkwasserversorgung darstellen,...

Wieso sollte ein solch schädliches Mittel weiterhin verwendet werden dürfen? Sind wir ehrlich, wenn manche von uns sich wegen irgendwelchen Arzneimittelbestandteile in Gefahr gebracht sehen, benachrichtigen sie die Gesundheitsbehörde, welche die Angelegenheit zu klären hat. Doch ein Fisch kann sich leider, wie wir alle wissen, weder per Telefon noch per E-Mail zu Wort melden, um sich zu beschweren. Es liegt daher einzig und allein bei uns, etwas gegen diese Verschmutzung zu unternehmen, allein schon aus dem Grund, dass wir für sie verantwortlich sind. Da das sofortige Ende des Vertriebes solcher hormoneller Verhütungsmittel ein blauäugiges Ziel darstellen würde, müssen wir schnellstmöglich eine andere Lösung finden und sie umsetzen.

Ich selbst denke, dass diese Lösung in der Abwasseraufbereitung zu finden ist, denn bisher weisen die Technologien der Kläranlagen, welche die im Wasser enthaltenen Bestandteile der Pille unverändert passieren lassen, noch hohe Mängel auf. Es sind Ideen gefragt, wie beispielsweise das NoMix-WC, sprich, die separate Entsorgung und Verarbeitung des Urins.

Allerdings nützen die ausgeklügeltsten Ideen nichts, wenn niemand bereit ist, diese anzuwenden. Daher möchte ich an dieser Stelle die Leser auffordern, bei solchen Angeboten nicht konservativ oder geizig, sondern umweltfreundlich und offen zu denken. Mit diesem zusätzlich investierten Geld garantieren sie nachfolgenden Generationen ein angenehmeres Leben. Klar, früher brauchte es solche Massnahmen nicht, aber damals lebten auch noch weniger Menschen, die zudem eine kleinere Menge Arzneimittel zu sich genommen haben.

## 6. Kapitel 6: Experimente

### 6.1. Einleitung

In diesem Kapitel sind zwei Experimente zum Thema Antibabypille aufgeführt, die mit der Klasse im Labor durchgeführt werden können: Zum einen die Abtrennung des Bindemittels, zum anderen die Dünnschichtchromatographie zum Nachweis von  $17\alpha$ -Ethinylestradiol, einem der Wirkstoffe der Pillen.

#### 6.1.1. Zeitdauer der Experimente

Erster Versuch: ca. 30 Minuten  
Zweiter Versuch: ca. 40-50 Minute

Die notwendigen Materialien sind bei den jeweiligen Anleitungen aufgelistet.

Ziel dieser Versuche ist es, dass die Schüler und Schülerinnen selbst einige Resultate erhalten und interpretieren. Zur Überprüfung oder bei Unklarheiten können die Resultate mit den Ergebnissen, die am Ende dieses Kapitels aufgeführt sind, verglichen werden.

Wie gewohnt, ist es wichtig, sauber und genau zu arbeiten.

Vorsicht bei Versuch 2:

Das reine  $17\alpha$ -Ethinylestradiol (in fester Form) ist hochgiftig, daher ist es ratsam, das Abwiegen dieses Stoffes einer erfahrenen Person zu überlassen.

Eine weitere Idee für ein Experiment:

Der Nachweis von  $17\alpha$ -Ethinylestradiol oder einem anderen Wirkstoff der Antibabypille im weiblichen Urin. Für diesen Nachweis sind extrem genaue Messgeräte erforderlich, da sich die Werte im Milligramm-Bereich befinden.

Infos unter:

[http://w210.ub.uni-tuebingen.de/dbt/volltexte/2000/173/pdf/diss\\_bolz.pdf](http://w210.ub.uni-tuebingen.de/dbt/volltexte/2000/173/pdf/diss_bolz.pdf),  
(Seite 28)

## 6.2. Experiment 1: Abtrennen des Bindemittels

### 6.2.1. Benötigtes Material

- Antibabypillen (z.B. Cerazette)
- Trockenschrank
- Porzellanschalen
- Mörser
- Becherglas
- Glasstab
- Faltenfilter
- Iod-Lösung
- Reine Stärke
- Fehlingsche Lösung

### 6.2.2. Begriffserklärung

- Fehlingsche Lösung:  
Diese Lösung dient allgemein dem Nachweis von Zucker und Aldehyden. Anfangs nimmt die Flüssigkeit eine tiefblaue Färbung an, welche von den Tartratokupferkupfer(II)-Komplexen herführt. Sobald reduzierende Verbindungen, wie zum Beispiel Zucker, in der Lösung enthalten sind, verändert sich die Farbe nach einem leichten Erwärmen über dem Bunsenbrenner: Sie wird rötlich wegen dem nun vorhandenen Kupfer(I)-Oxid ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ).

### 6.2.3. Durchführung

Als erstes muss der Trockenschrank auf  $60^\circ\text{C}$  eingestellt werden

Sieben Tabletten des gleichen Produkts werden mit dem sauber gereinigten Mörser in einer Porzellanschale pulverisiert. Anschliessend gibt man das Pulver in ein Becherglas, wobei Rückstände in der Schale mit Alkohol mitgeschwemmt werden. Mit ca. 40 ml reinem Alkohol wird die Substanz im Becherglas mit einem Glasstab in die Schwebe gebracht. Nun wird das Ganze mit einem Faltenfilter filtriert. Wenn keine festen Bestandteile mehr im Becherglas sind, den Filter mit reinem Alkohol nachwaschen. Die Rückstände mit dem Filterpapier auf einem Glasschälchen in den Trockenschrank legen.

Eine kleine Menge des trockenen Pulverrückstandes wird in verdünnte Iod-Lösung gegeben. Um zu prüfen, ob es sich beim Pulver um Stärke handelt, gibt man in eine weitere Menge Iod-Lösung ein wenig Stärke. Wenn es sich um Stärke handelt, müssten schwarz-violette Ablagerungen sichtbar werden.

Es besteht auch die Möglichkeit, dass es sich beim Bindemittel um einen Zucker handelt. Falls die oben genannte Probe mit Iod-Lösung nicht eindeutig ausfällt, kann eine weitere Probe durchgeführt werden mit Hilfe der Fehlingschen Lösung.

## 6.3. Experiment2: Dünnschichtchromatographie als Nachweismethode von Ethinylestradiol in Antibabypillen

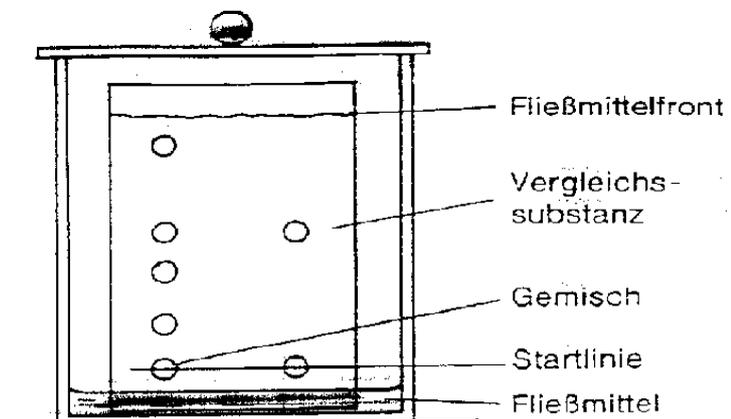
### 6.3.1. Benötigtes Material

- Div. Antibabypillen mit Ethinylestradiol (z.B. Féminac 35, Elleacnelle und Mercilon)
- Reines  $17\alpha$ -Ethinylestradiol (fest)
- DC-Alufolien, Kieselgel 60 WF<sub>254</sub> S
- Reagenzgläser
- Glasstab
- Glas mit Deckel
- Faltenfilter
- Fläschchen
- Messzylinder
- Glaskapillare
- Kaliumpermanganat (Sprühreagenz, 0.1 normal)
- Sprühgefäß
- UV-Licht
- Fließmittel: Cyclohexan-Ethylacetat-Ethanol (11ml + 11ml + 2.5ml)
- Lösungsmittel: Methylenchlorid-Ethanol (42ml + 8ml)

### 6.3.2. Begriffserklärung

- Dünnschichtchromatographie  
Verschiedene Substanzen werden auf eine bestimmte Trägerplatte (stationäre Phase) mit sehr feinkörnigem Material (oft Kieselgel, Kieselgur oder Aluminiumoxid) als punktförmige Tropfen nebeneinander aufgetragen. Diese Platte stellt man anschliessend in ein Gefäß, welches eine geringe Menge an Fließmittel (mobile Phase) enthält. Dieses bewirkt, sobald die Platte mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, dass die einzelnen aufgetragenen Stoffe zusammen mit dem aufsteigenden Fließmittel nach oben wandern. Nach einer gewissen Zeit nimmt man die Platte wieder heraus, und kann nun vergleichen, welche Substanz wie weit gewandert ist. Denn jeder dieser Stoffe besitzt eine individuelle Wandergeschwindigkeit ( $R_f$ -Werte).

- $R_f$ -Wert  
Setzt man die individuelle Wanderstrecke einer Substanz ins Verhältnis zur jenen des Fließmittels (Startlinie bis Fließmittelfront), so erhält man den sogenannten Rückhaltefaktor oder Retentionsfaktor  $R_f$ . Dieser Wert bewegt sich demzufolge nur zwischen 0 und 1.



### 6.3.3. Durchführung

Je drei Dragées verschiedener Antibabypillen, die Ethinylestradiol enthalten, werden je in einem Reagenzglas kurz mit Wasser aufgeweicht, bis sich weissliche Schlieren bilden. Dann leert man dieses Wasser möglichst gut ab. Damit sollte der Zucker, der rund um die Pillen vorhanden ist, weggespült werden. Als nächstes gibt man vom Lösungsmittel je 1 cm in die Reagenzgläser mit den aufgeweichten Pillen. Allenfalls vorhandene Klumpen werden mit einem sauberen Glasstab zerdrückt. Anschliessend werden diese Flüssigkeiten durch einen kleinen Faltenfilter in kleine Fläschchen filtriert und verschlossen. Um aus dem Versuchergebnis Schlüsse ziehen zu können, benötigt man für diese Dünnschichtchromatographie eine Vergleichssubstanz, in diesem Fall reines  $17\alpha$ -Ethinylestradiol. Von diesem löst man die gleiche Menge, wie in den drei Pillen enthalten ist (pro Pille ca. 0.035 mg), in 1 cm Methylenchlorid-Ethanol und füllt die Lösung in ein Fläschchen.

In der Zwischenzeit gibt man in das grössere Glas etwa  $\frac{1}{2}$  cm Fliessmittel, und schwenkt das Gefäss danach so, dass es möglichst bis obenhin mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, um eine Verfälschung der Resultate durch das Verdampfen nicht zu verfälschen (so verdampft es gleichmässig und von allen Seiten). Das Glas gut verschliessen. Auf der Kieselgelplatte zieht man etwa 1- 1,5 cm oberhalb des unteren Randes die Startlinie mit Bleistift, und markiert, wo man anschliessend die Lösungen der Antibabypillen (mit Glaskapillaren) auftragen wird. Das macht man mit allen Antibabypillen-Lösungen sowie mit der Vergleichssubstanz. Es ist empfehlenswert, oben auf der Platte festzuhalten, welche Pille wo aufgetragen wurde. Sobald sich alle zu untersuchenden Substanzen auf der Platte befinden, stellt man diese vorsichtig in das Glas. Nachdem das Fliessmittel ausreichend hochgestiegen ist, nimmt man die Platte heraus, und zeichnet mit Bleistift die Fliessmittelfront ein. Unter UV-Licht lassen sich nun dunkle Flecken und Flächen (Wirkstoffe der Pillen) erkennen, die möglichst exakt mit Bleistift umrandet werden müssen. Das  $17\alpha$ -Ethinylestradiol lässt sich leider unter UV-Licht nicht erkennen, doch das Einfärben der DC-Platte mit der Sprühreagenz  $\text{KMnO}_4$  löst dieses Problem. Nun kann anhand des  $R_f$ -Wertes jeder Punkt dem Pillenbestandteil zugeordnet werden (siehe Packungsbeilage der Antibabypillen zum Vergleich).

## 6.4. Resultate

### 6.4.1. Experiment 1

Der Rückstand der verwendeten Pille auf dem Faltenfilter ist nicht wie erwartet Stärke, sondern ein aldehydischer Zucker, denn in unserem Versuch nimmt die Fehlingsche Lösung eine rötliche Färbung an. Dadurch können wir sagen, dass der darin enthaltene Stoff ein aldehydischer Zucker ist (z.B. Traubenzucker). Welcher genau, müsste noch weiter untersucht werden.

### 6.4.2. Experiment 2

Da jeder Stoff eine individuelle Geschwindigkeit bei der Wanderung vorweist, bestehen Punkte, die nach der Dünnschichtchromatographie auf der gleichen Höhe liegen, aus gleichen Stoffen. Je weiter zwei Punkte voneinander entfernt liegen, desto unterschiedlichere chemische Eigenschaften besitzen sie.

Bei unserem Versuch können wir beobachten, dass jeweils ein Punkt bei allen Pillentypen sowie bei der Vergleichssubstanz auf der gleichen Höhe vorhanden ist. Dies muss demnach der in allen Pillen enthaltene Wirkstoff sein. Alle anderen sichtbaren Punkte zeigen die weiteren Bestandteile der Antibabypillen. (Substanznamen laut Packungsbeilage)

Messwerte

Mercilon (Desogestrel, Ethinylestradiol):

- Rf-Wert 1: 0,62
- Rf-Wert 2: 0,84

Féminac 35

(Cyproteronacetat, Ethinylestradiol)

- Rf-Wert 1: 0,62
- Rf-Wert 2: 0,52

Vergleichssubstanz (17 $\alpha$ -Ethinylestradiol)

- Rf-Wert: 0,62

Elleacnelle

(Cyproteronacetat, Ethinylestradiol)

- Rf-Wert 2: 0,62
- Rf-Wert 1: 0,52

Wenn man die Bestandteile der einzelnen Antibabypillen mit den erhaltenen Rückhaltefaktoren vergleicht, so kommt man zu folgender Schlussfolgerung:

- Ethinylestradiol: R<sub>f</sub>-Wert: 0,62
- Desogestrel: R<sub>f</sub>-Wert: 0,84
- Cyproteronacetat: R<sub>f</sub>-Wert: 0,52

Wir konnten also den Nachweis erbringen, dass in allen untersuchten Pillen 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol enthalten ist.



## 7. Kapitel 7: Glossar

### Aktivierungsenergie

Energiebetrag, der erforderlich ist, um eine chemische Reaktion zu starten.

### Aminogruppe

Einer von drei Teilen einer Aminosäure, bestehend aus einem Stickstoffatom sowie zwei Wasserstoffatomen.

### Androgene

Unter diesem Begriff fasst man all jene Sexualhormone zusammen, die eine vermännlichende Wirkung besitzen. Das bekannteste Beispiel dieser Hormongruppe ist das Testosteron.

Beim Mann werden sie in den Leydig-Zellen, einem bestimmten Teil der Hoden, bei der Frau in den Eierstöcken sowie in der Nebennierenrinde produziert. Natürlich stellt der weibliche Körper nur einen Bruchteil der im männlichen Organismus synthetisierten Androgenmenge her.

### Bindungsenergie

Energie, die abgegeben wird, wenn mehrere, an einer Reaktion beteiligte, Teilchen eine oder mehrere Bindungen eingehen. Die Bindungsenergie ist also exotherm.

### Carboxylgruppe

Neben der Aminogruppe der zweite Teil einer Aminosäure, bestehend aus einem Kohlenstoff, zwei Sauerstoff- und einem Wasserstoffatom

### Edukt

Die bei einer chemischen Reaktion beteiligten Ausgangsstoffe werden als Edukte bezeichnet. Meistens sind mehrere Edukte nötig, um eine Reaktion zu starten, doch bei der Thermolyse (die durch eine Temperaturerhöhung verursachte Zersetzung), der Photolyse (durch Bestrahlung hervorgerufen), und der Elektrolyse (Reaktion mithilfe von Strom) lässt sie sich bereits mit einem einzelnen auslösen.

Das Gegenteil, also das Endprodukt, nennt sich Produkt.

### Enantiomere

Enantiomere gehören zur Gruppe der Stereoisomere. Isomere sind chemische Verbindungen mit identischer Summenformel, aber sie besitzen aufgrund ihres unterschiedlichen Aufbaus völlig differenzierte Eigenschaften. Mit Enantiomeren meint man nun jene Isomere, deren Strukturen wie Bild und Spiegelbild verhalten. Dadurch kamen sie auch zum Namen Spiegelbildisomere.

### Estradiol

Estradiol, so heisst eines der wichtigsten natürlichen Follikelhormone. Es ist auf dem Stoff Cholesterol aufgebaut, und entsteht erst über mehrere Produktionsschritte, unter anderem über Progesteron. Es gehört eher zu den langsamen der Hormone, denn es vergehen mehrere Stunden, bis es seine volle Wirkung ausüben kann.

## Gestagene

Die Gestagene, auch Gelbkörperhormone genannt, stellen die zweitwichtigste Gruppe der Geschlechtshormone dar. Progesteron, das wichtigste dieser Steroidhormone, ist unser körpereigenes Gelbkörperhormon.

## Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)

Dieser im Hypothalamus synthetisierte Stoff gelangt zum Hypophysenvorderlappen, wo er die Abgabe der Gonadotropine anregt. Unter diesem Namen versteht man die Hormone FSH und LH.

## Granulosazellen

Granulosazellen (lat. granum = Korn; "Körnchenzellen") entwickeln sich unter dem Einfluss der Gonadotropine (FSH und LH) bei der Follikelreifung aus bestimmten Teilen des Follikels, der dadurch umgewandelt wird. Im reifen Follikel bilden sie die innere Schicht der Follikelwand und wachsen zum "Eihügel" heran, auf dem die Eizelle haftet. Granulosazellen sondern die Flüssigkeit ab, die die Follikelhöhle füllt.

## Hämoglobin

Unter dem Begriff Hämoglobin (Hb) versteht man den eisenhaltigen roten Blutfarbstoff in den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) der Wirbeltiere. Durch diesen Farbstoff ist der überaus wichtige Sauerstofftransport im Blut überhaupt erst möglich. Es setzt sich aus dem Häm, welches Eisen bindet, sowie einem Globulin zusammen.

## HCG

HCG ist ein Hormon, welches die Plazenta während der Schwangerschaft produziert, und wird im positiven Schwangerschaftstest nachgewiesen. Liegt keine Schwangerschaft vor, deutet eine erhöhte HCG-Konzentration auf eine Krebserkrankung hin.

## Hodenhochstand

Bei Hodenhochstand, auch bekannt als Hodenretention, liegt eine Fehllage der Gonade vor. Die Hoden befinden sich nur knapp vor dem äusseren Leistenring, das heisst, sie liegen zu weit oben. Mit einer frühzeitigen Operation kann jedoch Schlimmeres verhindert werden: Die Vergrösserung und Verfestigung der Hoden stellt einen nicht allzu schwierigen Eingriff dar.

## Hydrolyse

Mit Hydrolyse meint man die Auftrennung einer chemischen Verbindung, die unter Anlagerung eines Wassermoleküls abläuft. Die gegenläufige Reaktion nennt sich Kondensationsreaktion. Die Hydrolyse trifft man oft beim menschlichen Stoffwechsel an: Mithilfe der Hydrolyse trennen die Enzyme verschiedenste Biomoleküle, wie Proteine, Einfach-, Vielfachzucker oder Fette, auf.

## Hypophyse

Die Hypophyse oder Hirnanhangdrüse (lat. Glandula pituitaria; englisch: Pituitary gland) befindet sich in etwa auf der Höhe der Nase, und zählt zu den Hormondrüsen, genauer gesagt gilt sie als deren Leader. Sie liegt auf dem sogenannten Türkensattel, einem Knochenteil der Schädelbasis, und setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Dem Vorder- und Hinterlappen.

Der Vorderlappen schüttet Hormone aus, die anschließend irgendwo im übrigen Körper die Produktion eines anderen Stoffes anregen. Ein Beispiel sind das FSH und das LH, welche die Eierstöcke respektive die Hoden überwachen.

## Katalysator

Der Katalysator (von der Katalyse, griechisch κατάλυσις, *katálysis* - die Auflösung mit lateinischer Endung) ist ein Stoff, der die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion beeinflusst, ohne dabei verbraucht zu werden. Dies geschieht durch Herauf- oder Herabsetzung der Aktivierungsenergie. Katalysatoren, die die Aktivierungsenergie herabsetzen, werden als positive Katalysatoren bezeichnet, solche, die die Aktivierungsenergie heraufsetzen, als negative Katalysatoren oder Inhibitoren.

## Kontrazeptivum

Kontrazeptivum ist ein Fremdwort für Empfängnisverhütung.

## Kortison

Die Nebennierenrinde produziert eine grosse Anzahl an Hormonen, welche unter dem Begriff Glucocorticoide zusammengefasst werden. Ihre Aufgaben reichen von Einflüssen auf Knochen und Muskeln bis hin zur Regelung des Mineral- und Wasserhaushalts oder dem Kreislauf. Des Weiteren beeinflussen sie den Stoffwechsel, das Immunsystem, das zentrale Nervensystem wie auch das Blut und die Augen. Aufgrund der sehr ähnlichen Wirkungen bezeichnet man die Glucocorticoide umgangssprachlich als Kortison.

Kortison ist oft ein lebenswichtiges Medikament, das in erheblichem Ausmaß entzündliche oder allergische Erkrankungen lindert. Heutzutage wird Kortison vor allem bei folgenden Krankheiten verwendet:

- Hautkrankheiten
- Asthma und Allergien
- Rheuma

Das Kortison wird dabei in Form von Gelen, Cremes oder Salben auf die Haut aufgetragen.

## Osteoporose

Osteoporose ist eine Stoffwechselerkrankung der Knochen. Durch den Abbau von Knochenmasse verlieren diese ihre Stabilität, was zu schmerzhaften Knochenbrüchen führen kann. Bei dieser Krankheit ist es wichtig, vorzubeugen, denn ab einer gewissen Anzahl Brüchen lässt sich nicht mehr viel machen. Diese Leute sind bald auf Hilfe im Alltag angewiesen. In Deutschland leiden heute etwa ein Drittel aller Frauen über 60 an Osteoporose.

## Östrogene

Wichtigste Gruppe der weiblichen Geschlechtshormone. Sie gehören zu den Steroiden.

## Produkt

Der Begriff Produkt bezeichnet

- ein Ergebnis
- in der Mathematik: das Ergebnis bestimmter Verknüpfungen
- in der Chemie: die aus einer chemischen Reaktion entstehenden Stoffe

## Progesteron

Progesteron ist wie das Östrogen ein weibliches Geschlechtshormon. Progesteron wird vorwiegend im Gelbkörper (Corpus luteum) und im Mutterkuchen (Plazenta) gebildet. Bei

Erwachsenen, sowohl bei Frauen als auch Männern, werden zudem geringe Progesteronmengen in der Nebennierenrinde produziert.

Aus Progesteron werden viele andere Hormone gebildet, wie z. B. Testosteron, Aldosteron und Cortisol. Der Progesteronspiegel im Blut ist abhängig von der Zyklusphase der Frau und hat dementsprechend enorme Schwankungen. Es ist während der zweiten weiblichen Zyklushälfte das dominierende Hormon, und bereitet die Gebärmutter auf eine mögliche Schwangerschaft vor. Wenn tatsächlich eine Schwangerschaft eintritt, sorgt es für ihren Fortbestand, bereitet die Brustdrüse auf die Milchproduktion und -abgabe vor und erhöht dauerhaft die Basaltemperatur. Die Basaltemperatur ist die Temperatur, die sofort morgens nach dem Aufwachen gemessen wird. Ist die Frau nicht schwanger, erhöht sie sich nach dem Eisprung um etwa ein halbes Grad und sinkt vor der Monatsblutung wieder auf den Ausgangswert ab.

### Random-Coil-Strukturen

Jene Proteine oder Protein-Bruchstücke, die keine Sekundärstruktur ausbilden, nennt man Random-Coil-Strukturen. Diese Proteine sind nicht in der Lage, eine  $\alpha$ -Helix oder ein  $\beta$ -Faltblatt zu erstellen.

### Screening

Unter einem Screening (englisch für: Durchsiebung, Rasterung, Selektion) versteht man ein Verfahren, das zur Identifizierung bestimmter Sachverhalte an einer großen Gruppe von Proben oder Personen eingesetzt wird. Ein Screening ist somit ein auf bestimmte Kriterien ausgerichteter orientierender "Siebttest".

### Sekretion

Als Sekretion (lat.: secretio - Absonderung) wird die Abgabe von Produkten durch Drüsen oder drüsenähnliche Zellen bezeichnet. Die Abgabe dieser Sekrete erfolgt unwillkürlich und wird über das vegetative Nervensystem gesteuert.

### Sterine / Sterole (amerikanische Bezeichnung)

Bei den Sterinen - im anglo-amerikanischen Sprachraum spricht man von Sterolen (sterols) - handelt es sich um eine Gruppe fettähnlicher organischer Substanzen, die in jeder pflanzlichen bzw. tierischen Zelle anzutreffen sind. Die bekanntesten Sterine sind Cholesterin und Lecithin.

### Steroide

Steroide (Einzahl: Steroid, griechisches Adjektiv στερε[ω]οειδής, von στερεός, stereó - das feste, starre, solide, bezogen auf Moleküleigenschaften) sind eine Klasse von Naturstoffen, die in Tieren, Pflanzen und Pilzen vorkommen. Neben Vitaminen und Sexualhormonen fallen auch die Gallensäure, Krötengifte oder herzaktive Gifte (z. B. von Oleander) in diese Stoffklasse. Bei uns Menschen spielen sie als Hormone der Nebennierenrinde eine große Rolle.

Alle Steroide sind auf Cholesterin aufgebaut und besitzen eine starre Molekülgestalt (daher der Name). Dadurch lassen sie sich daher gut kristallisieren. Zudem gelingt es dieser Gruppe der Hormone, die Zellmembran zu durchdringen. Auf diese Weise können sie ihre Wirkung direkt im Zellinnern ausüben.

### Testosteron

Testosteron ist ein Kunstbegriff, denn es setzt sich aus den zwei Worten Testikel (Hoden) und Steroid zusammen. Es ist das wichtigste Geschlechtshormon, welches hauptsächlich in den Hoden, aber auch in der Nebennierenrinde und den weiblichen Eierstöcken (Ovarien)

produziert wird. Seine Wirkungen und Konzentrationen sind bei der Frau aber nicht gleich wie beim Mann. Wie alle Androgene baut das Testosteron auf 19 C-Atomen auf. Die Ausschüttung von LH bewirkt in den Leydischen Zwischenzellen die Testosteronproduktion. Bei der Frau findet die Herstellung von Testosteron in der Nebennierenrinde und den Eierstöcken statt.

### Thalidomid

Wirkstoff von Contergan, in einer Form Missbildungen an Ungeborenen verursachend (S-Enantiomer), in der anderen Form jedoch als Schlafmittel (R-Enantiomer) einsetzbar.

### Zygote

Zygote ist ein anderer Begriff für die befruchtete Eizelle. Als Befruchtung versteht man die Verschmelzung der männlichen Samenzelle mit der weiblichen Eizelle. Bei diesem Vorgang schliessen sich auch die zwei Zellkerne zu einem zusammen.



## 8. Anhang

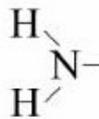
### 8.1. Lösungen

#### 8.1.1. Kapitel 1

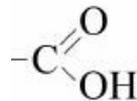
1. Suche im Internet nach einer ausführlichen Biografie von einem Miterfinder Djerassis (Gregory Pincus und John Rock).
2. Das Enzyklika Humanae vitae wurde im Jahre 1968 veröffentlicht.
3. Es handelt sich um den sogenannten Coitus interruptus, der darauf beruht, den Geschlechtsakt kurz vor dem Samenerguss des Mannes zu beenden. So soll verhindert werden, dass Spermien in die Gebärmutter vordringen und eine Schwangerschaft verursachen können.
4. Diese Methode war zwar sehr effizient, doch leider blieb jeder dritte Mann, der damit verhütete, dauerhaft unzeugungsfähig.
5. Mit diesem Begriff meint man die merklich gesunkene Geburtenrate um 1960, also kurz nach der Einführung der Antibabypille.
6. Die sexuelle Revolution wurde von Studentenbewegungen beschleunigt. Die sexuelle Revolution ist die Enttabuisierung der Sexualität, sowie die Forderung, dass alle Frauen Zugang zur Antibabypille erhalten sollen.

#### 8.1.2. Kapitel 2

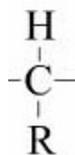
1. Die Nervenimpulse bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 120 m/s vorwärts.
2. Aminogruppe:



Carboxylgruppe:



Zentrum oder C-Atom  
(mit Anhängseln):



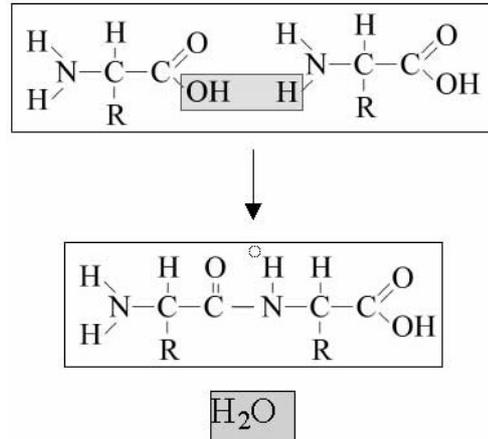
### 3. Globuläre Proteine

Ihre Tertiär- und Quartärstrukturen sind kugel- oder birnenförmig strukturiert. Die meisten Proteine dieser Gruppe lösen sich in Wasser oder Salzlösungen.

#### Fibrilläre Proteine

Die dazugehörigen Tertiär- und Quartärstrukturen besitzen eine fadenförmige oder faserige Anordnung. Sie lassen sich nur äusserst ungern lösen und gehören dank dieser Eigenschaft zu den Stütz- und Gerüstsubstanzen.

4. Bei der Verschmelzung zweier oder mehrerer Aminosäuren dockt immer eine der Carboxylgruppen an die Aminogruppe einer anderen Aminosäure an. Dabei wird Wasser abgegeben, denn ohne den Weggang von zwei Wasserstoff- sowie eines Sauerstoffatoms wäre die Verknüpfung der beiden Aminosäuren nicht möglich. Eine solche Bindung nennt sich Polypeptidbindung.



5. Ein Inhibitor ist ein Stoff, der sich ans aktive Zentrum einer Aminosäure heften kann. Dadurch wird die weitere Umwandlung von Edukten in Produkte unterbunden, das heisst ein Inhibitor dient dem Beenden einer solchen Reaktion. Bei einigen ist die hergestellte Substanz zugleich Inhibitor. So kann es, sobald eine ausreichende Menge vorhanden ist, die Reaktion selbst stoppen.
6. Dieses Medikament wurde als Beruhigungs- und Schlafmittel verkauft. Es beinhaltet die chirale Verbindung Thalidomid, welche vielen Müttern zum Verhängnis wurde. Denn obwohl seine Wirkung als Schlaf- und Beruhigungsmittel unumstritten war, hatte es eine sehr gravierende Nebenwirkung: Wird dieses Medikament während der Schwangerschaft eingenommen, kann es zu Schädigungen oder Wegbleiben von Organen und Gliedmassen beim ungeborenen Kind kommen.

## 8.1.3. Kapitel 3

### 1. Östrogene

Den Östrogenen, den wichtigsten Geschlechtshormonen, verdankt die Frau ihre typische Erscheinung, die ab der Pubertät von den Östrogenen gesteuert und aufrechterhalten wird. Das Östradiol, das wichtigste Östrogen, fördert den Gebärmutterschleimhaut-Aufbau, und stoppt die Ausschüttung von FSH an der Hypophyse. Beim Mann wird ebenfalls Östrogen produziert, welches für das Wachstum und den Stoffwechsel benötigt wird.

Der Zyklus pendelt sich dank Östrogenen bei ca. 28 Tagen ein. Nebenbei dienen sie dem Knochenaufbau und sorgen für die Hautelastizität, was nach den Wechseljahren bemerkbar wird: Die Haut wird faltig und die Knochen brüchig.

## Gestagene

Die Gelbkörperhormone haben die Aufgabe, die Gebärmutterschleimhaut auf die befruchtete Eizelle und deren Einnisten in die Gebärmutterschleimhaut vorzubereiten. Dies geschieht dadurch, dass sie verdickt und aufgebaut wird. Gleichzeitig verhindern sie eine neue Follikelreifung, falls die vorangegangene Eizelle befruchtet wurde. Die künstlichen Gestagene der Pille unterbinden den Eisprung. Sie werden auch therapeutisch angewendet: Sie garantieren regelmässige Blutungen, wodurch die Wahrscheinlichkeit eines Tumors erheblich gesenkt werden kann.

## LH

Zusammen mit dem FSH verursacht das LH, das luteinisierende Hormon, den Eisprung. Beim Mann fördert es die Ausschüttung von Sexualhormonen in den Leydischen Zellen. Bei der Frau regt es die Produktion der Östrogen-Vorläufer an. Die LH-Ausschüttung geschieht durch den Hypothalamus, wird aber vom Testosteronspiegel im Blut durch die negative Rückkopplung kontrolliert: Sobald genug LH vorhanden ist, überbringt das Testosteron dem Hypothalamus die Information, dass die Produktion gestoppt werden kann bzw. soll.

## FSH

Verursacht mit dem LH zusammen den Eisprung, und begünstigt die Follikelreifung und das Follikelwachstum. Bei der Frau kommt es zur Bildung von Östrogen, und beim Mann wird die Entwicklung der Spermien durch FSH beeinflusst.

2. Durch den verhältnismässig hohen Anteil an FSH, wird die Follikelreifung gefördert. Der Follikel selbst stellt dabei das Östrogen Östradiol her. Dieses steigert die Produktion des LH an der Hypophyse, damit der Eisprung wenig später stattfinden kann. Zu diesem Zeitpunkt muss die Gebärmutterschleimhaut auf eine allfällige Nidation der befruchteten Eizelle vorbereitet werden, das heisst, ihr Volumen muss zunehmen. Dies sind alles Aufgaben der Östrogene, und daher ist eine höhere Menge erforderlich.
3. Zu diesem Zeitpunkt hat sich der Follikel in Folge des Eisprungs in einen gelblich gefärbten Follikel, den Gelbkörper, umgewandelt. Dieser produziert das Gelbkörperhormon, das Progesteron, welches für eine weitere Veränderung der Schleimhaut in der Gebärmutter benötigt wird. Daher ist eine hohe Konzentration an Progesteron zu beobachten. An der Gebärmutter bewirkt es, dass Nährstoffe sowie Wasser gespeichert, das heisst, ideale Bedingungen für die Einnistung geschaffen werden. Falls es nicht zur Befruchtung kommt, löst sich der Gelbkörper allmählich auf, wodurch auch die Progesteronmenge wieder abnimmt.
4. Die Gebärmutterschleimhaut würde nicht aufgebaut werden, und es käme nicht zur Monatsblutung
5. Am Gebärmutterhals befindet sich ein Pfropfen, der normalerweise verhindert, dass Krankheitserreger in die Gebärmutter vordringen können. Während den Tagen der Blutung muss dieser Durchgang allerdings geöffnet werden, damit die abgebaute Gebärmutterschleimhaut austreten kann. Dadurch ist der Weg nach innen ebenfalls nicht mehr erschwert, was die Gefahr einer Infektion drastisch ansteigen lässt.
6. Ekelempfinden: vegetatives Nervensystem

Herzklopfen:	vegetatives Nervensystem
Hören:	peripheres Nervensystem
Erinnern:	Zentralnervensystem
Blutdruckänderung:	vegetatives Nervensystem
Räumliches Vorstellungsvermögen:	Zentralnervensystem

7. 1/120 Sekunden

8. Das Startlicht wird mithilfe der Augen als Signal erfasst und die Information über sensorische Bahnen dem Gehirn übermittelt. Motorische Bahnen leiten den Befehl zur Kontraktion an die Muskulatur. Gleichzeitig sorgt das vegetative Nervensystem für einen rascheren Herzschlag, Anstieg des Blutdrucks, raschere und tiefere Atmung. Es kann losgehen.

#### 8.1.4. Kapitel 4

1. Der Pearl-Index gibt an, wie viele von einhundert Frauen trotz Anwendung eines bestimmten Verhütungsmittels im Laufe eines Jahres schwanger werden.
2. Positiv  
Eine positive Nebenwirkung der Pille ist die Verminderung von Menstruationsbeschwerden.

Das Anwenden der Pille ist sehr angenehm, da sie nur hinuntergeschluckt werden muss. Ein exaktes Positionieren entfällt. Trotz des einfachen Gebrauchs besitzt sie eine enorm hohe Wirksamkeit.

Gewisse Krebsrisiken werden durch die Einnahme der Pille vermindert, so zum Beispiel Gebärmutterhalskrebs.

Negativ

Obwohl die Pille selbst sehr klein ist, beinhaltet sie doch eine hohe Hormondosis. Dies bedeutet einen grossen Eingriff in das natürliche Gleichgewicht der Hormone, was zu Problemen führen kann.

Es wurde beobachtet, dass Frauen, die mit der Antibabypille verhüten, öfters über Infektionen der Scheide und des Genitalbereichs klagen.

Die erfolgreiche Verhütung durch die Pille setzt eine grosse Disziplin voraus. Hat man die nicht, ist die Pille ungeeignet, da die Sicherheit bei unregelmässiger Einnahme spürbar nachlässt.

### 8.1.5. Kapitel 5

1. Forscher vermuten, dass das Aussterben der Fischotter mit den durch hormonaktive Stoffe verunreinigten Gewässern in Verbindung gebracht werden kann. Da die Fischbestände in Folge dessen zurückgingen, fehlte es ihnen an Nahrung, wodurch auch weniger Energie für die Fortpflanzung eingesetzt werden konnte. So nahm auch ihr Bestand langsam aber sicher ab, bis sie ganz verschwanden.
2. Stoffe endokriner Wirkung sind Fremdstoffe, die Hormonsystemen von Mensch und Tier zusetzen. Sie können an einen Rezeptor anlagern, wodurch der normalerweise dort ablaufende Vorgang verhindert wird. Je nach Rezeptor können diese Störungen unterschiedlich schlimm ausfallen.
3. Geschlechtshormone oder geschlechtshormonähnliche Stoffe sind besonders gefährlich, da sie an wichtige Rezeptoren andocken. Durch diese Blockaden kann es zu sehr gravierenden Folgen für ein einzelnes Individuum führen, aber auch ganze Populationen beeinträchtigen. Denn dadurch dass sie an Stelle eines richtigen Geschlechtshormons auftreten, beeinflussen sie die Vererbung. Somit wird der Defekt sogleich an die Nachkommen weitergereicht. Das geschieht auch bei Körperzellen verändernden Defekten, doch finden sie an den Geschlechtsorganen statt, kann ein Individuum zeugungsunfähig oder für immer zeugungsgeschädigt werden.
4. Der Bestandteil heisst Tributylzinn.
5. Männliche Fische beginnen plötzlich ein weibliches Eidotterprotein in ihren Hoden. Im Gegenzug nimmt die Menge der produzierten Spermien ab, wodurch die Fortpflanzungsrate sinkt. Dieses Problem wäre nicht möglich, wenn in der DNA der Fische das Geschlecht definitiv festgelegt wäre.
6. Das Ziel dieses Projektes besteht darin, die Verbesserung der Technologien zur Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung zu beschleunigen. Sobald diese ausreichend gut konstruiert sind, werden sie sich der Konzeptentwicklung für die Wiederverwendung des Abwassers zuwenden.
7. Das NoMix-WC setzt sich im Unterschied zur alltäglichen Toilette aus zwei verschiedenen, separat abfließenden Becken zusammen, damit eine Trennung des Urins von den Fäkalien möglich ist.
8. Eine der am stärksten betroffenen Bevölkerungsgruppe ist jene der Inuit. Die RGT-Regel besagt, dass mit einer Temperaturerhöhung um  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  eine Verdopplung der Umsatzgeschwindigkeit einer Reaktion eintritt. Da die Durchschnittstemperatur in der Arktis, der Heimat der Inuit, um einiges tiefer ist, als bei uns, laufen auch Reaktionen, wie beispielsweise die Zersetzung von Dauergiften dementsprechend langsamer ab. Deshalb sind sie in den nördlichen Gebieten unseres Planeten höher konzentriert.

## 8.2. Literaturverzeichnis

### Hinweis:

Alle hier aufgeführten Internetadressen wurden während den Monaten September bis November des Jahres 2005 abgerufen, und für die Arbeit verwendet.

### 8.2.1. Kapitel 1

[http://de.wikipedia.org/wiki/Carl\\_Djerassi](http://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Djerassi)  
<http://www.aerzte-zeitung.de/docs/2003/10/29/195a1601.asp?cat=/magazin/medizingeschichte>  
<http://www.bibel-online.net/buch/01.1-mose/38.html#38,1>  
<http://www.br-online.de/alpha/forum/vor0406/20040616.shtml#Zur%20Person>  
<http://www.djerassi.com/german12/>  
<http://www.dr-miller.com/Minipille.html>  
<http://www.dr-miller.com/Kontrazeption.html>  
<http://www.medsana.ch/artikel.php?id=1806&box=1>  
<http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/bstuecke/15325/>

### 8.2.2. Kapitel 2

<http://de.wikipedia.org/wiki/Enzym>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hormone>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Nervensystem>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Proteine>  
<http://www.delta-gym.ch/Ernaehrung/human/hormone.htm>  
<http://www.medizin.de/gesundheit/deutsch/546.htm>  
<http://www.netdokter.de/laborwerte/fakten/allgemein/enzyme.htm>

Buch, Schriftenreihe Umwelt Nr. 308, „Stoffe mit endokriner Wirkung in der Umwelt“, Skript von Dr. R. Steiger, siehe dazu <http://www.rainer.ch>

### 8.2.3. Kapitel 3

<http://de.wikipedia.org/wiki/Minipille>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Ovulationshemmer>  
<http://frauen.qualimed.de/Einphasenpraeparate.html>  
<http://frauen.qualimed.de/Mikropille.html>  
<http://www.akh-consilium.at/daten/kontrazeption.htm#5>  
[http://www.einslive.de/daswort/derservice/gesundheit\\_und\\_drogen/teure\\_antibabypille\\_\\_alternative\\_verhuetungsmittel/index.phtml?druck=1](http://www.einslive.de/daswort/derservice/gesundheit_und_drogen/teure_antibabypille__alternative_verhuetungsmittel/index.phtml?druck=1)  
<http://www.scheffel.org.bw.schule.de/faecher/science/biologie/hormone/1hormon/1hormonsystem.htm>

#### 8.2.4. Kapitel 4

[http://www.eltern.de/gesund\\_schoen/wellness\\_schoenheit/verhuetung.html?p=2](http://www.eltern.de/gesund_schoen/wellness_schoenheit/verhuetung.html?p=2)  
[http://www.netdokter.de/sex\\_partnerschaft/fakta/minipille.htm](http://www.netdokter.de/sex_partnerschaft/fakta/minipille.htm)  
[http://www.netdokter.de/sex\\_partnerschaft/fakta/pille\\_danach.htm](http://www.netdokter.de/sex_partnerschaft/fakta/pille_danach.htm)  
<http://www.pille-danach.at/>  
<http://www.profamilia.de/article/show/835.html>  
<http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/bstuecke/15325/>  
<http://www.u-helmich.de/bio/stw/biokatalyse/katalyse02.html>  
Dr. Thony Smith, „Der menschliche Körper“

#### 8.2.5. Kapitel 5

<http://www.aramis-research.ch/d/298.html>  
[http://www.awl.ch/fischen/aktuell/felchen\\_thunersee/index\\_4.htm](http://www.awl.ch/fischen/aktuell/felchen_thunersee/index_4.htm)  
<http://www.bund.net/bundgegengift/chemieundumwelt/chemieundumwelt>  
<http://www.bwt-group.com/DE/Unser-Element/Themen/Wasserverbrauch/Wasserverbrauch.htm>  
<http://www.eawag.ch/research/chp/endocrine.html>  
<http://www.ethlife.ethz.ch/articles/tages/EAWAGInfotag.html>  
<http://www.goethe.de/ins/us/kug/ges/umw/de35558.htm>  
[http://www.greenpeace.at/uploads/media/Gesundheits-und\\_Umweltgefahren.doc](http://www.greenpeace.at/uploads/media/Gesundheits-und_Umweltgefahren.doc)  
<http://www.naturkost.de/meldungen/2003/030131o1.htm>  
[http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NoMix\\_de.html](http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NoMix_de.html)  
[http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NOVA5\\_de.html](http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NOVA5_de.html)  
<http://www.tu-berlin.de/~oekotox/de/forschung/cityfish.html>  
<http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/buwalcontent/umwelt20031/9.pdf>  
[http://www.uni-konstanz.de/struktur/service/presse/mitteilungen/010200\\_pharma\\_cocktails.html](http://www.uni-konstanz.de/struktur/service/presse/mitteilungen/010200_pharma_cocktails.html)  
<http://www.vegetarisch-genieessen.com/0403/artikel/fisch/>  
<http://www.wissenschaft.de/wissen/news/152456.html>  
[http://www.wwf.de/naturschutz/umweltgifte/DetoX/problem/auswirkungen\\_tiere/](http://www.wwf.de/naturschutz/umweltgifte/DetoX/problem/auswirkungen_tiere/)  
EAWAG News, „Risikofaktoren im Wasser“ 53d April 2002  
Fischnet, Kurzbericht, Januar 2004

## 8.2.6. Kapitel 6

<b>Aktivierungsenergie</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Aktivierungsenergie">http://de.wikipedia.org/wiki/Aktivierungsenergie</a>
<b>Aminogruppe</b>	<a href="http://flexicon.doccheck.com/Aminogruppe">http://flexicon.doccheck.com/Aminogruppe</a>
<b>Androgene</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Androgen">http://de.wikipedia.org/wiki/Androgen</a>
<b>Bindungsenergie</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Bindungsenergie">http://de.wikipedia.org/wiki/Bindungsenergie</a>
<b>Carboxylgruppe</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Carboxylgruppe">http://de.wikipedia.org/wiki/Carboxylgruppe</a>
<b>Edukt</b>	<a href="http://content-kiosk.de/Edukt">http://content-kiosk.de/Edukt</a>
<b>Enantiomere</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Enantiomer">http://de.wikipedia.org/wiki/Enantiomer</a>
<b>Estradiol</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Ethinyl%C3%B6stradiol">http://de.wikipedia.org/wiki/Ethinyl%C3%B6stradiol</a>
<b>Gestagene</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Gestagene">http://de.wikipedia.org/wiki/Gestagene</a>
<b>Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH)</b>	<a href="http://www.biowellmed.de/fachausdruecke-300.html">http://www.biowellmed.de/fachausdruecke-300.html</a>
<b>Granulosazellen</b>	<a href="http://www.biologie.de/biowiki/Granulosazelle">http://www.biologie.de/biowiki/Granulosazelle</a>
<b>Hämoglobin</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4moglobin">http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4moglobin</a>
<b>HCG</b>	<a href="http://www.netdokter.de">http://www.netdokter.de</a>
<b>Hodenhochstand</b>	<a href="http://www.kidsdoc.at/kinderchirurgie/hodenhochstand_details+html">http://www.kidsdoc.at/kinderchirurgie/hodenhochstand_details+html</a>
<b>Hydrolyse</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrolyse">http://de.wikipedia.org/wiki/Hydrolyse</a>
<b>Hypophyse</b>	<a href="http://www.childgrowth.org/hormonstoerungen/hypophyse/">http://www.childgrowth.org/hormonstoerungen/hypophyse/</a> <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Hypophyse">http://de.wikipedia.org/wiki/Hypophyse</a>
<b>Katalysator</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Katalysator">http://de.wikipedia.org/wiki/Katalysator</a>
<b>Kontrazeptivum</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Kontrazeptivum">http://de.wikipedia.org/wiki/Kontrazeptivum</a>
<b>Kortison</b>	<a href="http://www.netdokter.de/medikamente/fakta/kortison.htm">http://www.netdokter.de/medikamente/fakta/kortison.htm</a>
<b>Leydigsche Zellen</b>	<a href="http://www.biologie.de/biowiki/Leydig-Zelle">http://www.biologie.de/biowiki/Leydig-Zelle</a>
<b>Osteoporose</b>	<a href="http://www.netdokter.de/krankheiten/fakta/knochenschwund.htm">http://www.netdokter.de/krankheiten/fakta/knochenschwund.htm</a>
<b>Produkt</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Produkt">http://de.wikipedia.org/wiki/Produkt</a>
<b>Progesteron</b>	<a href="http://www.netdokter.de/laborwerte/fakten/hormone/progesteron.htm">http://www.netdokter.de/laborwerte/fakten/hormone/progesteron.htm</a>
<b>Random-Coil-Strukturen</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Random-coil-Strukturen">http://de.wikipedia.org/wiki/Random-coil-Strukturen</a>
<b>Screening</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Screening">http://de.wikipedia.org/wiki/Screening</a>
<b>Sekretion</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Sekretion">http://de.wikipedia.org/wiki/Sekretion</a>
<b>Sterinen / Sterole</b>	<a href="http://www.margarine-institut.de/presse2/index.php3?rubrik=1&amp;id=114">http://www.margarine-institut.de/presse2/index.php3?rubrik=1&amp;id=114</a>
<b>Steroide</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Steroid">http://de.wikipedia.org/wiki/Steroid</a>
<b>Testosteron</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Testosteron">http://de.wikipedia.org/wiki/Testosteron</a>
<b>Thalidomid</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Thalidomid">http://de.wikipedia.org/wiki/Thalidomid</a>
<b>Zygote</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Zygote">http://de.wikipedia.org/wiki/Zygote</a>

## 8.2.7. Abbildungsverzeichnis

<b>Aminosäure</b>	<a href="http://www.scheffel.og.bw.schule.de/faecher/science/biologie/proteine_enzyme/1protein/amino.gif">http://www.scheffel.og.bw.schule.de/faecher/science/biologie/proteine_enzyme/1protein/amino.gif</a> <a href="http://www.abi-bayern.de/bio/img/mol02_aminosaeuren.gif">http://www.abi-bayern.de/bio/img/mol02_aminosaeuren.gif</a>
<b>Brustkrebs</b>	<a href="http://brustkrebs.prof-obwegeser.at/15%20(Small).jpg">http://brustkrebs.prof-obwegeser.at/15%20(Small).jpg</a>
<b>Chiralität</b>	<a href="http://www-anorganik.chemie.uni-wuerzburg.de">http://www-anorganik.chemie.uni-wuerzburg.de</a>
<b>Djerassi</b>	<a href="http://www.the-scientist.com">http://www.the-scientist.com</a>
<b>Enzyme</b>	<a href="http://www.u-helmich.de/bio/stw/biokatalyse/bilder/abb02-1-07.jpg">http://www.u-helmich.de/bio/stw/biokatalyse/bilder/abb02-1-07.jpg</a>
<b>Fischotter</b>	<a href="http://www.wasserwirtschaftsamt-landshut.de/kinder/bewohner_otter.jpg">http://www.wasserwirtschaftsamt-landshut.de/kinder/bewohner_otter.jpg</a>
<b>Hypothalamus</b>	<a href="http://www.benbest.com">http://www.benbest.com</a>
<b>Implanon</b>	<a href="http://www.implanon.nl/files/implanon_welcom.gif">http://www.implanon.nl/files/implanon_welcom.gif</a>
<b>Inuit</b>	<a href="http://www.scantours.com/images/Greenland/inuit.jpg">http://www.scantours.com/images/Greenland/inuit.jpg</a>
<b>Meeresschnecke</b>	<a href="http://www.naturbilder.de/M.Mildenberger/portfMildenbergerMartinslugs/">http://www.naturbilder.de/M.Mildenberger/portfMildenbergerMartinslugs/</a>
<b>Nervensystem</b>	<a href="http://www.g-netz.de">http://www.g-netz.de</a>
<b>NoMix-Toilette</b>	<a href="http://www.novaquatis.eawag.ch/Images/NOVA_2.jpg">http://www.novaquatis.eawag.ch/Images/NOVA_2.jpg</a>
<b>Nuva-Ring</b>	<a href="http://www.pnp.de">http://www.pnp.de</a>
<b>Oberkörper</b>	<a href="http://www.super-mens.de">http://www.super-mens.de</a>
<b>Onan</b>	<a href="http://www.film-makerscoop.com/filmstills/onan.html">http://www.film-makerscoop.com/filmstills/onan.html</a>
<b>Östrogen</b>	<a href="http://www.biopsychiatry.com">http://www.biopsychiatry.com</a>
<b>Pearl-Index-Tabelle</b>	<a href="http://www.netdokter.de/sex_partnerschaft/fakta/verhuetung_sicherheit_vergleich.htm">http://www.netdokter.de/sex_partnerschaft/fakta/verhuetung_sicherheit_vergleich.htm</a>
<b>Peptidbindung</b>	<a href="http://www.u-helmich.de/bio/stw/biokatalyse/bilder/abb02-1-07.jpg">http://www.u-helmich.de/bio/stw/biokatalyse/bilder/abb02-1-07.jpg</a>
<b>Pillenknick</b>	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Pillenknick">http://de.wikipedia.org/wiki/Pillenknick</a>
<b>Progesteron</b>	<a href="http://www.farmakologija.com">http://www.farmakologija.com</a>
<b>Proteinstrukturen</b>	<a href="http://www.weblexikon.de">http://www.weblexikon.de</a>
<b>Quartärstruktur</b>	<a href="http://www.guidobauersachs.de">http://www.guidobauersachs.de</a>
<b>Thalidomid</b>	<a href="http://www.safebryo.cz/images/tehotna.gif">http://www.safebryo.cz/images/tehotna.gif</a> <a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/0/09/Thalidomid_strukturformel.png/180px-Thalidomid_strukturformel.png">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/thumb/0/09/Thalidomid_strukturformel.png/180px-Thalidomid_strukturformel.png</a>
<b>Schlüssel-Schloss-Prinzip</b>	<a href="http://www.medizin.studienkollegen.de">http://www.medizin.studienkollegen.de</a>
<b>Sekundärstruktur</b>	<a href="http://www.kle.nw.schule.de/gymgoch/faecher/biologie/stoffwec/image123.gif">http://www.kle.nw.schule.de/gymgoch/faecher/biologie/stoffwec/image123.gif</a>
<b>Verweiblichung männlicher Fische</b>	<a href="http://www.ethlife.ethz.ch/images/ei-1.j">http://www.ethlife.ethz.ch/images/ei-1.j</a>



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.