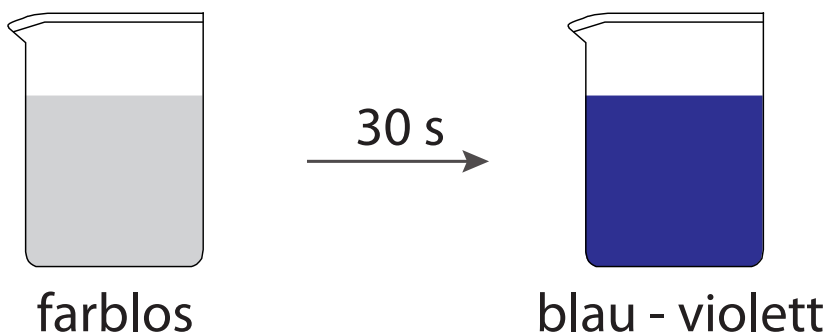


## Der Landolt - Versuch



Eine Schülerübung für drei Teilgruppen unter Einsatz von Messwerterfassung

# Landolt - Versuch

---

Ihr macht heute einen Versuch bei dem nach einer ganz bestimmten Zeit ein Farbumschlag auftritt, der die Explosion eines Wasserstoffballons auslöst. Der zeitverzögerte Farbumschlag ist unter dem Namen Landolt-Reaktion bekannt und wird sehr häufig als Showversuch verwendet.

Bevor Ihr mit dem praktischen Arbeiten beginnen könnt, müsst Ihr Seite 2 und 3, sowie die Versuchsanleitung für Eure Gruppe durchgelesen haben. Auf der Seite 4 erfahrt Ihr, welcher Gruppe Ihr zugehört.

Der Versuch ist so umfangreich, dass drei Gruppen jeweils einen Teil des Versuches vorbereiten und dann zusammen vorführen. Jeweils drei Gruppen bilden daher ein Team.

## Gruppe 1

Eure Aufgabe besteht darin Lösungen in einer ganz bestimmten Konzentration anzusetzen. Weiterhin sollt ihr in einem Vorversuch testen, ob ihr die Lösungen richtig angesetzt habt.

## Gruppe 2

Eure Gruppe arbeitet mit Cassy-Lab 2, einem Programm zur Erfassung von Messdaten, und benutzt die Relais-Funktion. Der Farbumschlag, von einem Eintauchphotometer registriert, schließt den Stromkreis durch das Relais und löst damit die Explosion aus. Zunächst werdet ihr an einer Lampe die Einstellungen ausprobieren.

## Gruppe 3

Hier lernt ihr wie man eine Messung in Abhängigkeit der Füllhöhe des Becherglases starten kann. Dazu verwendet ihr ebenfalls das Programm Cassy-Lab 2. Danach wisst ihr wie ein elektronischer Schalter (Trigger) eingesetzt wird. Durch einen Count-Down, der von Eurer Gruppe programmiert wird, lässt sich kontrollieren, wie genau die erste Gruppe gearbeitet hat.

## Aufgabe des Lehrers

Auch der Lehrer bekommt seine Aufgabe. Er/sie muss den Ballon mit Wasserstoff füllen und den Zünder daran befestigen.

# Landolt - Versuch

## Sicherheit

Alle Gruppen arbeiten mit folgenden Chemikalien: Informiert Euch über die Einstufen der Substanzen in Degintu. Schreibe die H - Sätze hinter die Substanzen, den Wortlaut in die Zeilen darunter.

Kaliumiodat  
Methylenblau-Lösung  
Natriumsulfit  
Schwefelsäure, 0,5 molar  
Stärke  
Wasserstoff (nur der Lehrer geht damit um)

---

---

---

---

Welche Gefahrensymbole sind aktuell? Male aus: Schreibe die Substanz darüber.



Welche Sicherheitsmaßnahmen müsst Ihr berücksichtigen? Kreuze an und Ergänze:

Was müsst Ihr im Gefahrenfall unternehmen? Um darauf zu Antworten informiert Ihr Euch mit Hilfe der P - Sätze.

---

---

---

---

## Entsorgung

Die Lösungen können in das Abwassernetz entsorgt werden.

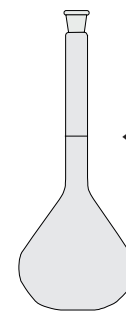
# Landolt - Versuch

## Gruppe 1

Ihr seid die Gruppe, die für die Herstellung der Lösungen für den Landolt – Versuch verantwortlich ist. Bei der Vorbereitung (abwiegen, abmessen) müsst ihr sehr genau vorgehen, damit die Farbe der Lösung im anschließenden Versuch bei genau dreißig Sekunden von farblos zu blau – violett umschlägt.

Stellt dafür zunächst die folgenden Materialien bzw. Geräte bereit:

Becherglas 250 ml, 1000 ml  
 Messkolben 500 ml, 1000 ml  
 Messzylinder 2 × 100 ml, 1 × 10 ml  
 Magnetrührer mit Rührfisch  
 Bunsenbrenner  
 Dreifuß mit Keramikdrahtnetz  
 Digitalwaage, 0,01 g Auflösung mit Wägeschiffchen



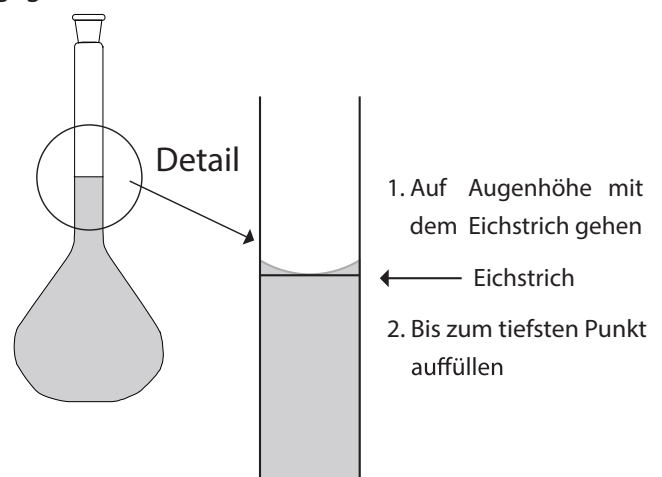
Ein Messkolben hat eine typische Form und einen Eichstrich  
 ← Eichstrich

Für Euren nächsten Arbeitsauftrag, die Herstellung der Lösungen, müsst ihr nun die benötigten beiden Messkolben sowie das Becherglas folgendermaßen beschriften:

500	ml	Messkolben	A
1000	ml	Messkolben	B
250	ml	Becherglas	C

Mit dem Messkolben werden Lösungen mit einer ganz bestimmten Konzentration sehr genau angesetzt. Dazu muss man mit dem Messkolben richtig umgehen können. Geht dabei folgendermaßen vor:

1. Zuerst gibt man die genau abgewogene Menge an Substanz in den Kolben. Dazu benutzt man das Wägeschiffchen, das man noch ausspülen kann. Lass Dir dies von Deinem Lehrer zeigen.
2. Nun wird der Messkolben mit dest. Wasser bis etwa zwei Zentimeter unter den Eichstrich aufgefüllt und die Lösung solange mit dem Magnetrührer gerührt, bis alles Salz gelöst ist
3. Jetzt wird noch bis zum Eichstrich aufgefüllt. Da sich die Lösung wegen der Adhäsionskräfte des Wassers an der Wand des Glases hochzieht, wird so aufgefüllt, dass am tiefsten Punkt der Wasserstand mit dem Eichstrich übereinstimmt. Dann ist in dem Messkolben genau soviel Flüssigkeitsvolumen enthalten, wie auf dem Kolben angegeben.
4. Den Kolben mit einem Stopfen verschließen und noch mehrmals auf den Kopf stellen, damit sich die Flüssigkeit gleichmäßig vermischen kann.
5. Kontrolliere noch einmal, dass keine ungelöste Substanz am Boden liegt.



# Landolt - Versuch

Stellt jetzt nach der gerade beschriebenen Technik nacheinander folgende Lösungen her, verwendet dazu jeweils den Messkolben in der entsprechenden Größe. Auch beim Arbeiten mit Messzylindern wird die gleiche Ablesetechnik verwendet, wie beim Messkolben.

## Lösung A (Kaliumiodat-Lösung)

1. Wiegt zunächst 2,15 g Kaliumiodat ab und gebt dies in den mit A beschrifteten Messkolben
2. Füllt nun den Messkolben auf 500 ml mit destilliertem Wasser auf
3. Alles komplett lösen und durchmischen

## Lösung B (Natriumsulfit-Lösung)

1. Gebt 80 ml 0,5 molare Schwefelsäure in den Messkolben B
2. Nun gebt ihr noch 10 ml Spiritus hinzu
3. 500 ml dest. Wasser dazugeben, durchmischen.
4. Wiegt 1,16 g Natriumsulfit ab und gebt es in den Kolben
5. Füllt den Messkolben mit destilliertem Wasser auf 1000 ml auf
6. Alles komplett lösen und durchmischen

## Lösung C (Stärke-Lösung)

1. Wiegt 1,0 g Stärke in einem 250 ml Becherglas ab, in 100 ml Wasser aufschlämmen.
2. Wasser mit der Stärke unter Rühren zum Kochen bringen, die Lösung wird dann klar.

## Probelauf

Nun probiert Ihr aus, ob Ihr alles richtig gemacht habt. Verwendet dazu das 1000 ml Becherglas, das Ihr auf einem Magnetprüher aufbaut. Gebt einen Rührfisch hinein. Macht ein Handy zum Stoppen der Zeit bereit.

Gebt folgende Substanzen zusammen, zum Abmessen der Volumina verwendet Ihr **Messzylinder**, die Ihr wieder mit A, B und C kennzeichnet.

### Komponente I

■ Lösung A:	100 ml	Iodatlösung,
■ Lösung C:	20 ml	Stärkelösung
■ Wasser:	200 ml	Wasser, dest.

Bereitet nun Komponente II vor:

### Komponente II

■ Lösung B:	100 ml	Sulfitlösung
■ Wasser	200 ml	Wasser, dest.

Benachrichtigt die Mitglieder der anderen Gruppen Eures Teams und lasst sie zuschauen. Schaltet nun den Magnetprüher ein, und gebt die restliche Lösung und das Wasser dazu. Messt mit Euerem Handy die Zeit bis zum Farbumschlag.

Wenn die Lösung nach 30 s umschlägt, habt Ihr sehr genau gearbeitet. Ihr könnt die Lösung des Probelaufs entsorgen, das Glas reinigen und trocknen. Erkundigt Euch, wie weit die anderen Gruppen Eures Teams sind

## Weiterarbeit am Gesamtversuch

Wenn Ihr mit Eurem Test erfolgreich wart, lest die nächste Seite durch.

# Landolt - Versuch

## Gruppe 2

Um den Farbumschlag zu messen, benutzt Ihr ein Eintauchphotometer. In Abhängigkeit dieses Tauchphotometers wird ein Stromkreis über ein Relais gesteuert.

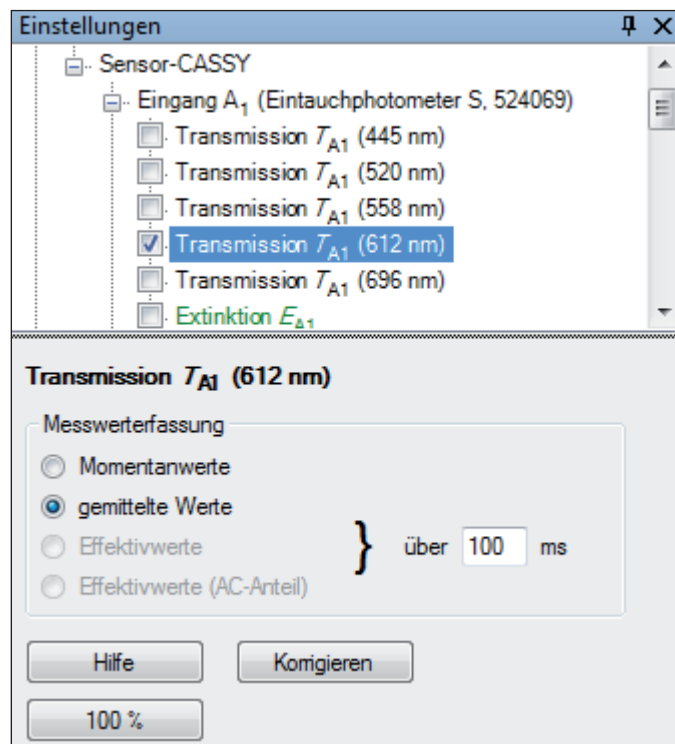
Becherglas, 1000 ml  
 Messzylinder 500 ml  
 Stativ mit Muffe und Klemme  
 Magnetrührer mit Rührfisch  
 Netzgerät 6 V  
 Glühbirchen 4 - 6 V mit Lampensockel  
 3 Messleitungen  
 2 Krokodielklemmen

Computer mit CASSY-LAB 2  
 Sensor-CASSY mit USB-Kabel  
 Eintauchphotometer S

## Einstellungen CASSY Lab: Tauchphotometer

Zunächst müsst Ihr die Arbeitsweise des Photometers verstehen. Über das Programm können 5 verschiedene LEDs ausgewählt werden. Um die blaue Färbung der Landolt-Reaktion zu messen, wird die Leuchtdiode mit der komplementären Farbe zu blau ausgewählt. Dies ist die Leuchtdiode mit der Wellenlänge 612 nm. Die Lichtintensität wird von einem Fotoelement, das sich gegenüber der Leuchtdiode befindet, gemessen.

Eine farblose Lösung lässt alles Licht durch, man spricht von 100% Transmission (Durchlässigkeit). Die blaue Lösung schluckt (der Chemiker sagt *absorbiert*) umso mehr vom Licht mit der Wellenlänge 612 nm, je konzentrierter die Lösung ist. Die Transmission sinkt.

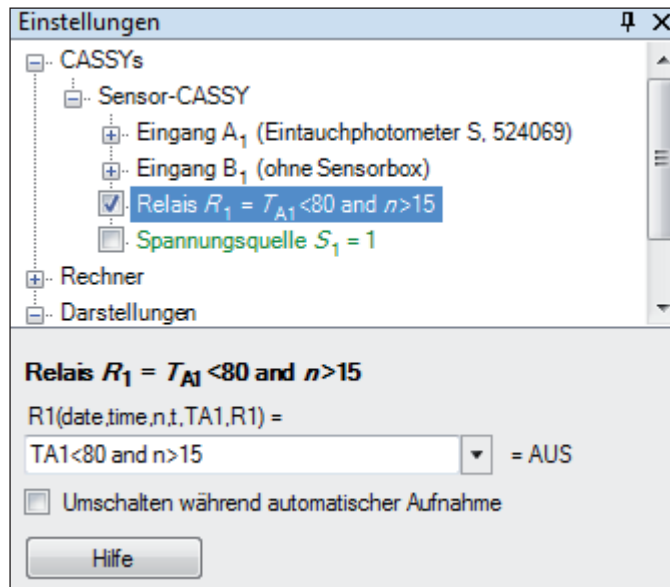


Zuerst wird die Wellenlänge ausgewählt, dann das Photometer in Wasser gehalten. Mit dem 100% - Schalter ( $\rightarrow$  100%  $\leftarrow$ ) gleicht Ihr auf 100% Transmission ab. Jetzt könnt Ihr z. B. mit Tinte oder Methylenblau das Wasser färben. Die Transmission sinkt, je nach Konzentration des blauen Farbstoffs.

# Landolt - Versuch

## Einstellungen CASSY Lab: Relais

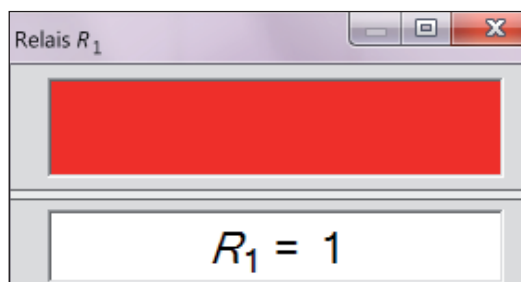
Ein Relais ist ein Schalter, der in Abhängigkeit einer Messgröße geschlossen oder geöffnet wird. In diesem Versuch wird ein Stromkreis geschlossen, wenn die Lösung sich nach blau verfärbt und dadurch die Transmission unter 80% fällt. Dazu klickt Ihr im Einstellungsfenster das Relais an und gebt folgende Einstellungen ein:



Das Relais  $R_1$  kann den Stromkreis schließen (=Ein) oder den Stromkreis unterbrechen (=AUS). Der Schaltzustand des Relais wird durch die Formel bestimmt. Diese Formel soll näher erläutert werden:

$$TA_1 < 80 \text{ and } n > 15$$

Die Transmissionswerte, die das Tauchphotometer liefert, werden mit  $TA_1$  bezeichnet. Fallen diese unter 80% und sind bereits mehr als 15 Messungen erfolgt (was 15 Sekunden entspricht, da mit einer Messung pro Sekunde gearbeitet wird), dann schließt das Relais den Stromkreis. Das Anzeigeelement für das Relais zeigt dann einen roten Balken (vorher schwarz) und zeigt den Wert 1.

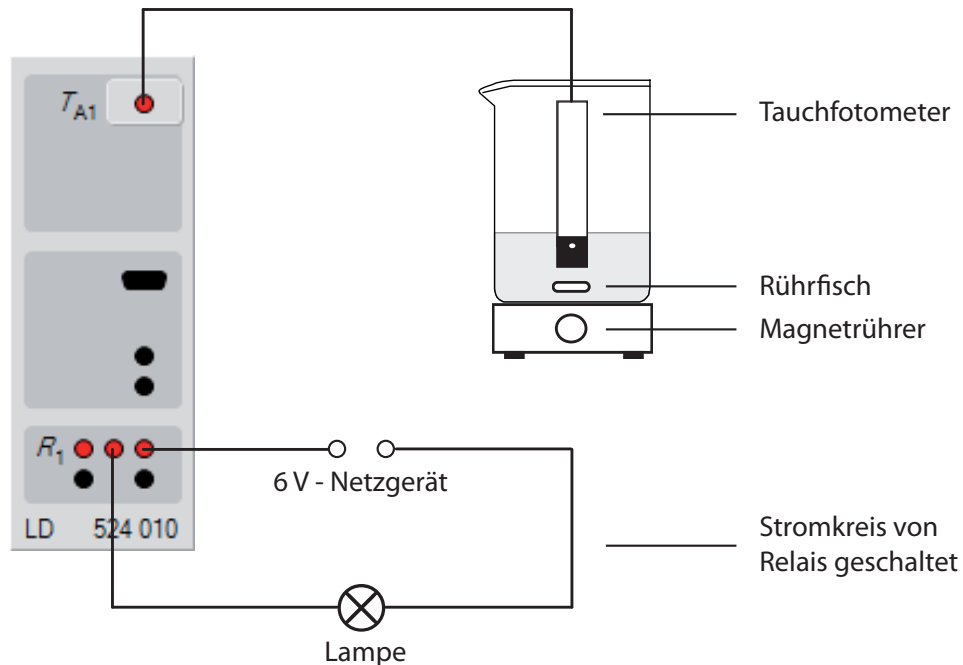


Das Relais steht auch dann auf = EIN, wenn Ihr anstatt der Formel einfach eine 1 einträgt (wenn das Programm neu gestartet wird, ist immer eine 0 eingetragen).

# Landolt - Versuch

## Probelauf

Baut nun folgenden Versuchsaufbau auf:



Schaltet das Netzgerät ein (die Lampe darf noch nicht leuchten, Relais meldet = AUS), gebt 300 ml Wasser in das Becherglas und stellt den Rührer an.

Montiert das Tauchphotometer am Stativ (Achtung, Rührfisch soll nicht gegen den Glaskorpus des Photometers schlagen). Ihr könnt jetzt herumspielen, unter welchen Bedingungen die Lampe leuchtet.

## Brückenzünder

Ein Brückenzünder ist wie ein Streichholzkopf mit zwei Anschlussdrähten. Im Kopf des Brückenzünders ist ein Glühdraht eingebettet, der beim Anlegen einer geringen Spannung die Zündmischung mit einem kleinen Blitz und Knall zur Reaktion bringt.



Ihr dürft nun den Brückenzünder anstelle der Lampe einbauen und einen weiteren Probelauf durchführen (ohne Wasserstoffballon!) Bitte die anderen Gruppen warnen, damit sie nicht erschrecken.

## Weiterarbeit am Gesamtversuch

Wenn alles geklappt hat, werdet Ihr Euren Versuchsaufbau in den Gesamtversuch integrieren. Lest dazu auf der nächsten Seite weiter.



# Landolt - Versuch

## Gruppe 3

Eure Gruppe wird mit Hilfe des CASSY-Systems einen Countdown einrichten, der durch eine Druckänderung im Becherglas gestartet wird, und der zur Überprüfung der genauen Arbeitsweise der Gruppe 1 dient.

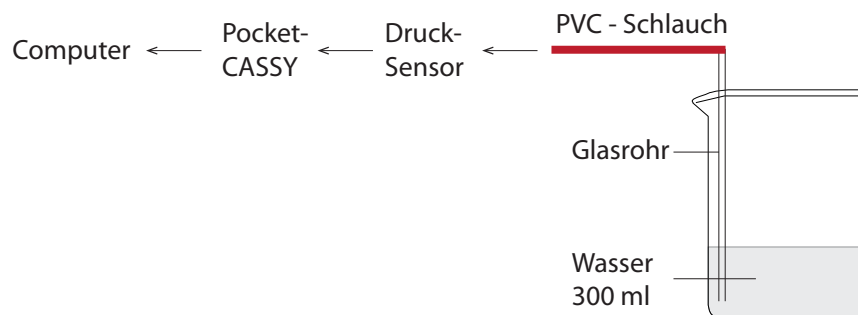
Stellt dafür zunächst die folgenden Materialien bzw. Geräte bereit:

Becherglas, 1000 ml  
Messzylinder 500 ml  
Stativ mit Muffe und Klemme

Computer mit CASSY-LAB 2  
Pocket-Sensor mit USB-Kabel  
Drucksensor S, mit Schlauch und Glasrohr

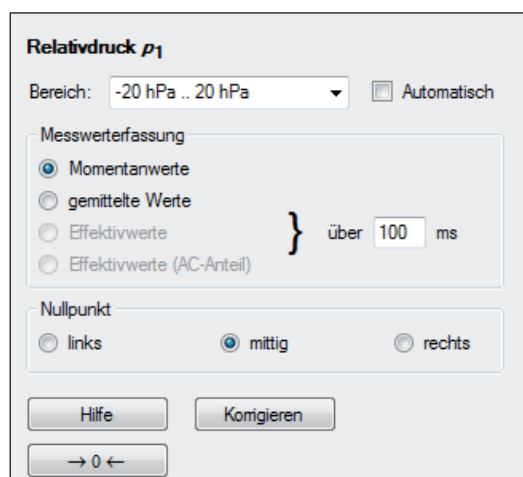
## Durchführung

Baue den Versuch nach folgenden Abbildung auf, starte das Programm CASSY LAB 2 und aktiviere den Drucksensor.



## Einstellungen CASSY Lab: Drucksensor

Nach dem Aktivieren ist am rechten Bildschirmrand das Einstellungsfenster zu finden, in der Mitte die Einstellungen zum Drucksensor  $p_1$  (bzw.  $p_{A1}$  oder  $p_{A2}$  beim Sensor-CASSY)



Im obigen Fenster wird zunächst der kleinste (Mess-)Bereich  $-20hPa..20hPa$  eingestellt. Wenn die Tauchsonde (Glasrohr) in die vorgelegte Flüssigkeit eintaucht, wird mit dem Null-Schalter (→ 0 ←) auf Null abgeglichen.

# Landolt - Versuch

## Einrichten des Trigger zum Starten der Messung

Ein Trigger ist ein Software-Schalter, der die Messung in Abhängigkeit einer Messgröße startet. Der Trigger wird im Fenster *Messparameter* aktiviert, dort wird auch ausgewählt, von welcher Größe und von welchem Wert (steigend oder fallend) der Trigger abhängig ist.

In diesem Versuch wird der Trigger vom Drucksensor  $p_1$  abhängig gemacht. Wenn ein Druck größer (daher steigend) als 1,00 hPa gemessen wird, startet die Messung. Genau dies passiert, wenn Flüssigkeit in das Becherglas gegeben wird. Die Messzeit wird auf 50 Sekunden eingestellt.

## Einstellung CASSY Lab: Uhr bzw. Countdown

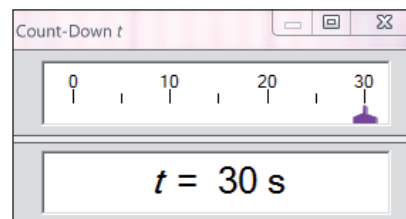
Grundsätzlich kann Cassy-Lab auch als Stoppuhr Verwendung finden, wenn jede Sekunde eine Messung erfolgt (daher Intervall 1 s). Dies ist auch die Voraussetzung für den Count-Down. Dazu wird im Einstellungsfenster auf **Rechner** und dann **Formel** geklickt. Jetzt kann man eine Formel durch anklicken von **Neu** definieren:

# Landolt - Versuch

Übernehmt die Werte, wie sie in dem Fenster Formel eingegeben sind. Die Eingaben werden immer mit der Enter-Taste wirksam. Zum besseren Verständnis wird die Formel näher erläutert:

$$(31-n)*(n \leq 30)$$

Jede Sekunde wird eine Messung  $n$  durchgeführt, von  $n = 0$  bis  $n = 50$ . Damit wie bei einem Count-Down von 30 herabgezählt werden kann, muss man  $(31-n)$  schreiben. In Erwartung der Messung  $n = 1$  zeigt das Programm bereits  $t = 30$  s an.



Die zweite Klammer ist ein Beispiel für einen sogenannten Booleschen Ausdruck. Der Wert in der Klammer kann entweder 0 (falsch, für  $n \geq 30$ ) oder 1 (wahr, für  $n \leq 30$ ) sein. Dadurch ist der Wert in der zweiten Klammer bis zur 30. Messung 1, ab der 31. Messung Null. Die Messung läuft weiter, aber es wird jetzt immer nur noch Null im Count-Down-Fenster angezeigt.

## Probelauf

Zuerst wird ein Probelauf mit Wasser durchgeführt. 300 ml Wasser werden in ein 1000 ml Becherglas eingefüllt und die Tauchsonde mit Hilfe eines Stativs befestigt.

Damit im Count-Down-Fenster zuerst  $t = 30$  s angezeigt wird, startet Ihr die Messung noch einmal mit **Datei/Neu** oder mit F4 (*Änderung speichern Nein*). Stellt noch einmal den Drucksensor auf Null.

Nun könnt Ihr die Messung starten, indem Ihr auf das **Uhrensymbol** klickt oder F9 drückt. Daraufhin erscheint **Triggersignal fehlt** neben der Uhr.

Durch Eingießen von 300 ml Wasser wird der Druck  $> 1$  hPa. Dadurch wird die Messung gestartet. Der Count-Down zählt von 30 auf 0 s herunter und bleibt bei 0 stehen.



# Landolt - Versuch

---

## Der Versuch wird gemeinsam vorgeführt

Nachdem jede Gruppe Ihre Vorarbeit geleistet hat, könnt Ihr den eigentlichen Versuch zusammenbauen. Jede Gruppe hat ihren Aufgabenbereich

### Gruppe 1:

Ihr macht bei der gemeinsamen Versuchsdurchführung den Anfang. Gebt Komponente I in ein 1000 ml Becherglas. Dieses Becherglas gebt ihr der Gruppe 2 für den weiteren Versuchsablauf.

Bereitet noch Komponente II vor. Wenn der Versuchsaufbau von Gruppe 2 und Gruppe 3 vervollständigt wurde, dürft ihr den Versuch durch Zugabe der restlichen Lösungen starten.

### Gruppe 2:

Der Versuch wird an Euerem Computer durchgeführt. Ihr bekommt ein Becherglas von Gruppe 1, das mit 300 ml Lösung gefüllt ist.

Montiert das Tauchphotometer in dieses Becherglas so, dass es möglichst weit in die Lösung taucht, aber der Rührfisch sich noch drehen kann, ohne an das Glas zu schlagen.

Überprüft noch einmal Eure Einstellung für das Tauchphotometer (Input A) und die Formel für das Relais.

Speichert nach dem Versuch die Messwerte ab.

### Gruppe 3:

Steckt den Drucksensor auf den Input B des Sensor-CASSYS und richtet den Count-Down auf dem Computer der Gruppe 2 ein. Montiert das Glasrohr (Tauchsonde) am Rand des Becherglases, so wie Ihr das im Probeauflauf schon gemacht habt. Stellt den Druck auf Null und startet noch einmal eine neue Datei mit F4.

## Arbeit des Lehrers

Der Lehrer kontrolliert noch einmal den Versuchsaufbau, die Schaltung und Programmierung.

Der Lehrer füllt den Luftballon mit Wasserstoff und montiert den Brückenzünder.

## Start des Versuchs

Startet die Messung mit F9 und öffnet das Count-Down-Fenster auf den ganzen Bildschirm.

Ein Gruppenmitglied aus Gruppe 1 gibt die Komponente II in das Becherglas und startet damit die Reaktion.

# Landolt - Versuch

---

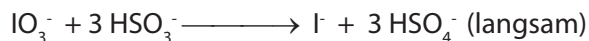
## Auswertung:

In den „Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft“ veröffentlichte Hans Landolt (1831-1910) eine bahnbrechende Arbeit „Ueber die Zeitdauer der Reaction zwischen Jodsäure und schwefliger Säure“:

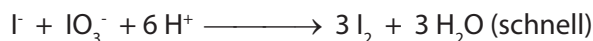
*„Wird zu wässriger schwefeliger Säure Jodsäurelösung im Überschuss gesetzt, so findet bekanntlich Abscheidung von Jod statt. Diese Reaction erfolgt sofort, wenn die Flüssigkeiten concentrirt sind; nimmt man dieselben aber verdünnt, so tritt die frappante Erscheinung auf, dass die mit etwas Stärke versetzte Mischung sich anfangs vollständig klar erhält und erst nach Verfluss einer gewissen Zeit, welche einige Secunden bis Minuten betragen kann, plötzlich tief bläut. Unter Anwendung gleicher Mengen der beiden Lösungen und Innehaltung der nämlichen Temperatur ist die Zeitdauer von dem Momente des Mischens bis zum Eintritt der Blaufärbung vollständig constant, und es kann dieselbe leicht mittels der Uhr bestimmt werden.“*

Iod und Stärke bilden eine blaue Einlagerungsverbindung. Am Anfang der Reaktion liegt aber noch kein Iod vor, dieses muss sich erst bilden. Die Chemie der Landoltschen Zeitreaktion wird in drei Reaktionsschritten dargestellt.

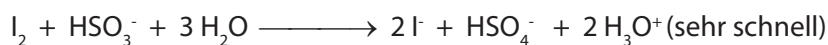
Die Iodatlösung wird von Hydrogensulfit zum Iodid reduziert:



Iodid und Iodat reagieren in saurer Lösung unter Bildung von elementarem Iod, welches mit Stärke eine blaue Einlagerungsverbindung bildet:



Iod wird aber auch von Sulfiten sehr schnell zu Iodidionen reduziert:



Daher wird erst nach völligem Verbrauch der Sulfiten die blaue Einlagerungsverbindung sichtbar.

Die Reaktion bis zum Farbumschlag ist damit zeitverzögert und lässt sich durch Verdünnen mit Wasser bei sonst gleichen Bedingungen noch stärker verzögern.