

# Praktikumsprotokoll

## Physikalisch-Chemisches Anfängerpraktikum

Tobias Schabel  
Matthias Ernst  
Gruppe A-11

Datum des Praktikumstags: 28.10.2005  
Protokoll-Datum: 1.11.2005  
Assistent: D. Santi

### 2. Versuch: RI - Rohrzuckerinversion

#### Aufgabenstellung

Mithilfe eines Polarimeters soll die Hydrolyse von Rohrzucker bei 25°C, 30°C und 40°C verfolgt werden. Aus der sich ändernden Drehung des polarisierten Lichts ist die Geschwindigkeitskonstante, der Häufigkeitsfaktor und die Aktivierungsenergie zu bestimmen.

#### Messprinzip:

Optisch aktive Substanzen drehen die Polarisationssebene von polarisiertem Licht. Die anfängliche Polarisation des Lichts (eingesetzt wird Licht einer Natriumlampe) geschieht mittels eines Nicolschen Prismas. Dann wird das Licht durch die in eine Mikroküvette gefüllte Probe geleitet und mit einem weiteren Nicolschen Prisma die Ablenkung gemessen. Wenn die Polarisation durch die Probe nicht geändert wird, wird das Licht ausgelöscht, wenn die beiden Prismen orthogonal stehen. Wird die Polarisation gedreht, muss der Analysator gedreht werden, um wieder vollständige Auslöschung zu erreichen.

*Versuchsaufbau:*



L... Lichtquelle  
P... Polarisor  
A... Analysator

Bei der Hydrolyse von Rohrzucker entsteht Fructose und Glucose. Dabei sind reine Rohrzuckerlösung und Glucose rechtsdrehend, während Fructose stark linksdrehend ist. Somit dreht sich die Polarisation während der Hydrolyse beständig, sodass der Reaktionsverlauf verfolgt werden kann.

#### Durchführung:

Zunächst wurden die benötigten Lösungen angesetzt. Für 4n Salzsäure wurden 4ml konz. Salzsäure (etwa 10n) mit 6ml demin. Wasser auf 10ml aufgefüllt. Für die 15%ige Zuckerlösung wurden 1,5g Zucker mit demin. Wasser auf 10g aufgefüllt und der Zucker durch Schwenken des Becherglases gelöst.

Dann wurden die beiden Lösungen auf 25°C temperiert, indem die Bechergläser zehn Minuten in 25°C warmes Wasser getaucht wurden. Je drei Milliliter der temperierten Lösung wurden in einem weiteren Becherglas gemischt und die Zeit gestoppt. Die Mikroküvette wurde zwei Mal mit Lösung durchgespült, damit möglichst kein Temperatur- und Konzentrationsunterschied auftrat. Dann wurde sie ganz gefüllt, verschlossen und in das Polarimeter eingesetzt, das zuvor auf Null kalibriert wurde. Danach wurde eine Stunde lang jede halbe Minute der Wert der Drehung notiert.

Anschließend wurde die Lösung 10 Minuten lang auf 30°C temperiert und 40 Minuten lang nach gleichem Vorgehen der Mischung die Werte aufgeschrieben und nach weiteren 10 Minuten temperieren nochmals 20 Minuten Werte aufgenommen.

#### Verwendete Formeln:

$\ln(\alpha - \alpha_\infty) = -k \cdot t + \ln(\alpha_0 - \alpha_\infty)$  mit  $\alpha$ ... Auslenkung zur Zeit  $t$

# Praktikumsprotokoll

## Physikalisch-Chemisches Anfängerpraktikum

Arrhenius-Beziehung:  $k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}$  mit  $k_0$ ...Häufigkeitskonstante,  $k$ ...Geschwindigkeitskonstante,  $E_A$ ...Aktivierungsenergie,  $R$ ...allg. Gaskonstante,  $T$ ...abs. Temperatur

### Auswertung:

Die Messwerte wurden in Diagramme eingetragen, wobei jeweils  $\ln(\alpha - \alpha_\infty)$  über  $t$  aufgetragen wurde. Dabei wurde für  $\alpha_\infty$  jeweils der letzte Messwert verwendet.

Die Konstante  $k$  ergibt sich als Betrag der Steigung aus den Diagrammen.

Aus den Diagrammen wurden abgelesen:

$T$ [°C]	$T$ [K]	$1/T$	$k$ [1/s]	$\ln(k \cdot s)$
25°C	298,15	0,00335	0,0607	-2,8018
30°C	303,15	0,00330	0,1050	-2,2538
40°C	313,15	0,00319	0,3689	-0,9972

Aus der Arrhenius-Beziehung folgt:  $\ln(k) = -\frac{E_A}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln(k_0)$

Dies entspricht einer Geraden ( $y=mx+c$ ), mit  $y=\ln(k)$ ,  $x=1/T$ ,  $m = -\frac{E_A}{R}$  und  $c=\ln(k_0)$ .

Um diese Gerade zu erhalten, wurde also der Kehrwert der Temperatur sowie  $\ln(k)$  gebildet und dies in ein Diagramm aufgetragen. Dabei ergibt sich die Gleichung  $\ln(k \cdot s) = -11303K \cdot (1/T) + 35,055$ .

Somit gilt:  $-\frac{E_A}{R} = -11303K \Rightarrow E_A = 11303K \cdot R = 11303 \cdot 8,31441 \frac{J}{K \cdot mol} = 93977,78 \frac{J}{mol} = 93,978 \frac{kJ}{mol}$

Der Achsenabschnitt  $\ln(k_0)$  ist 35,055, also ist der Häufungsfaktor  $k_0 = 1,676 \cdot 10^{15}$ .

### Fehlerrechnung:

Die Werte im Schaubild wurden nach  $y = \ln(\alpha - \alpha_\infty)$  eingezeichnet.

Nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz gilt für den Fehler  $\Delta y$ :

$$\Delta y = \left| \frac{\partial y}{\partial \alpha} \right| \cdot \Delta \alpha + \left| \frac{\partial y}{\partial \alpha_\infty} \right| \cdot \Delta \alpha_\infty = \left| \frac{1}{\alpha - \alpha_\infty} \right| \cdot \Delta \alpha + \left| \frac{1}{\alpha - \alpha_\infty} \right| \cdot \Delta \alpha_\infty = \left| \frac{1}{\alpha - \alpha_\infty} \right| \cdot (\Delta \alpha + \Delta \alpha_\infty)$$

Der Fehler für die Messung von  $\alpha$  wird auf  $0,1^\circ$  abgeschätzt, also ist  $(\Delta \alpha - \Delta \alpha_\infty) = 0,2^\circ$ .

Nach dieser Formel wurde für jeden Wert, der bei der Ausgleichsgeraden verwendet wurde, der Fehler ausgerechnet. Problematisch ist, dass der Fehler immer größer wird, je mehr sich  $\alpha$  und  $\alpha_\infty$  annähern.

Durch die Fehlerbalken wurden dann möglichst gut maximale und minimale Ausgleichsgeraden gelegt. Aus der Steigung derjenigen, die weiter von der normalen Ausgleichsgeraden entfernt liegt, wurde der Fehler für  $k$  abgelesen. Es ergeben sich bei 25°C  $\Delta k_{25} = 0,0102$ , bei 30°C  $\Delta k_{30} = 0,0226$  und bei 40°C  $\Delta k_{40} = 0,1139$ .

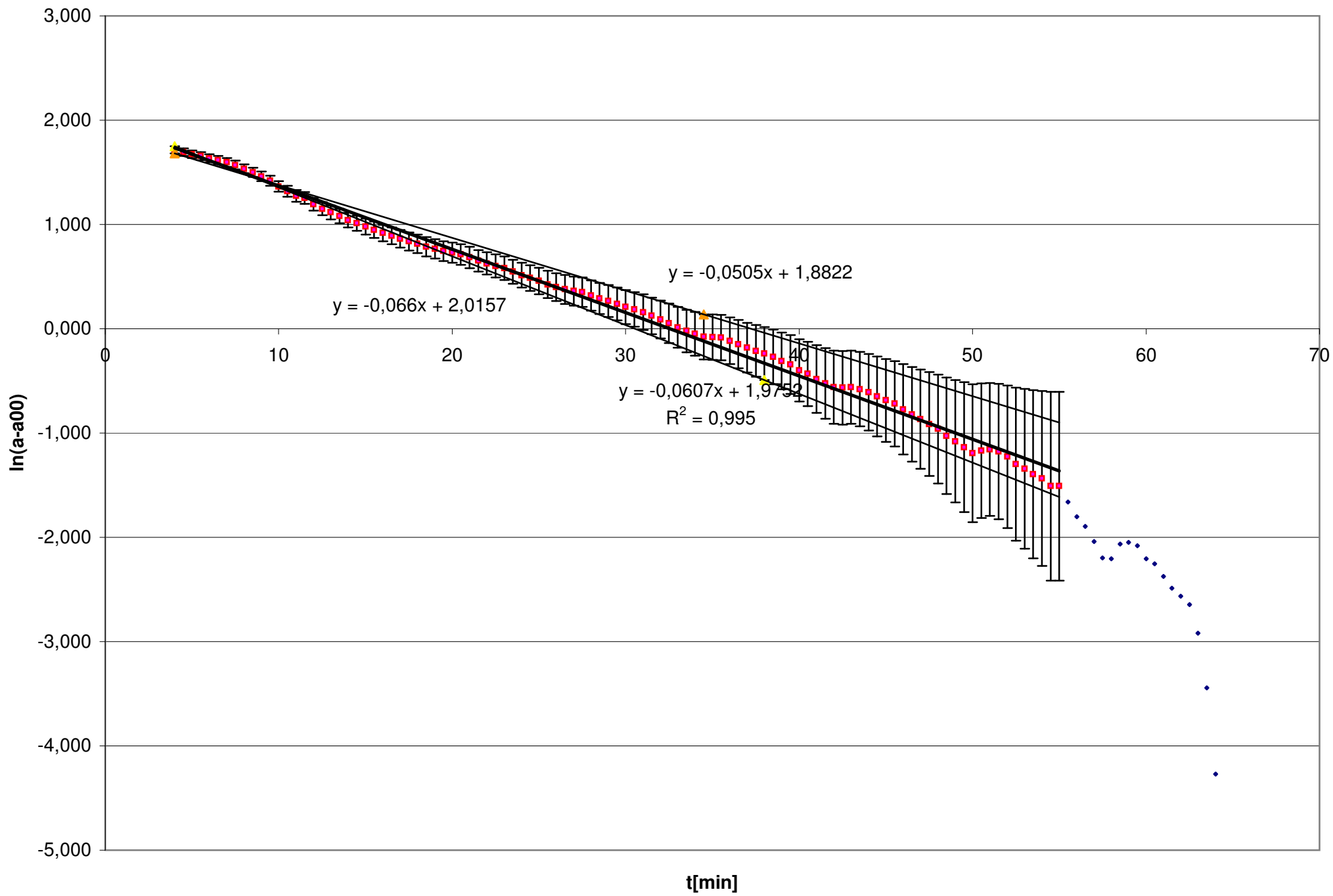
Für den Fehler von  $E_A$  und  $k_0$  wurden die  $\ln(k_i)$  gebildet und als Fehlerbalken ins Arrhenius-Diagramm eingetragen.

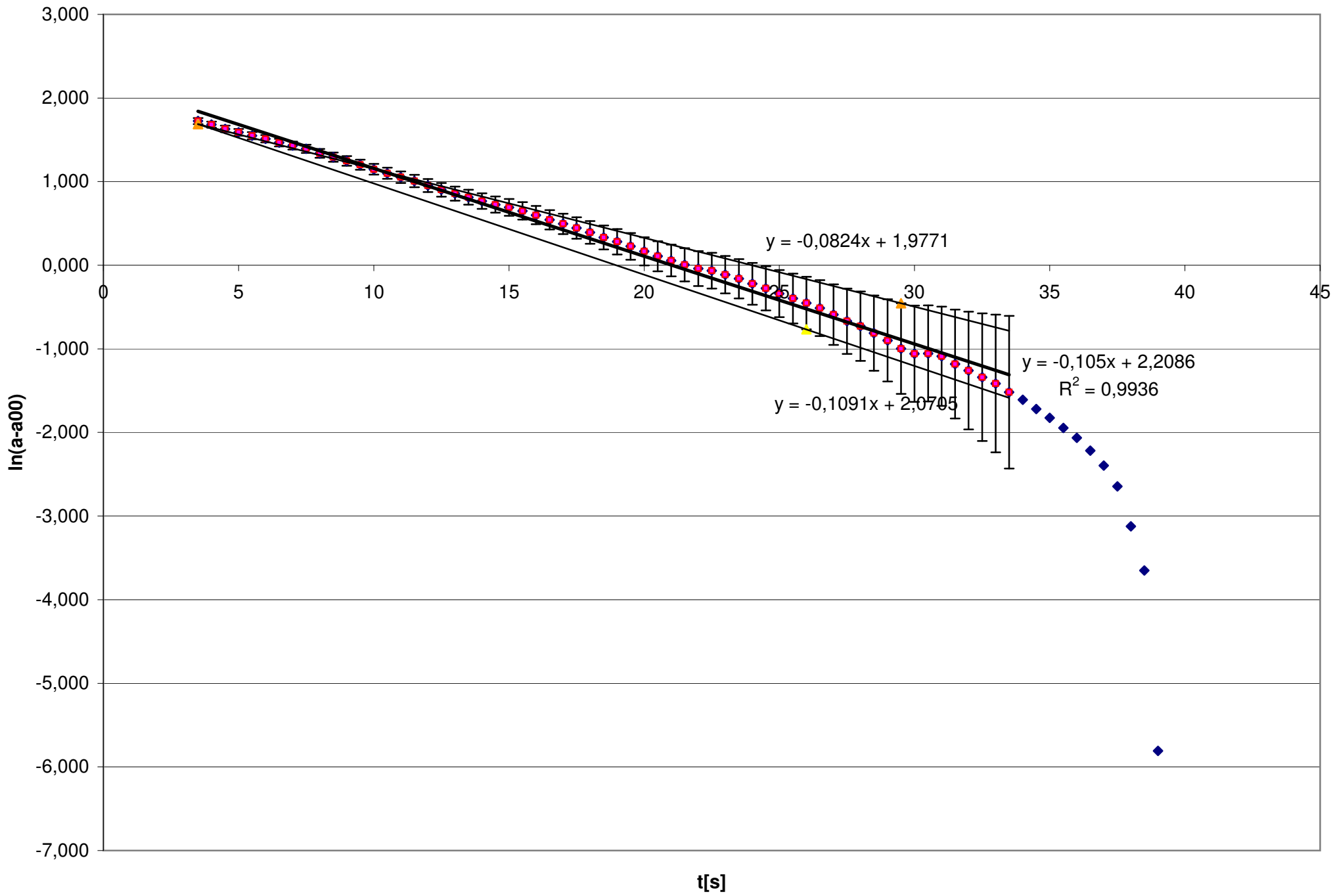
Es ergab sich als Fehler für die Steigung  $\Delta m = 3303K \cdot (1/T)$  und für den Achsenabschnitt  $\Delta c = 10,902$ .

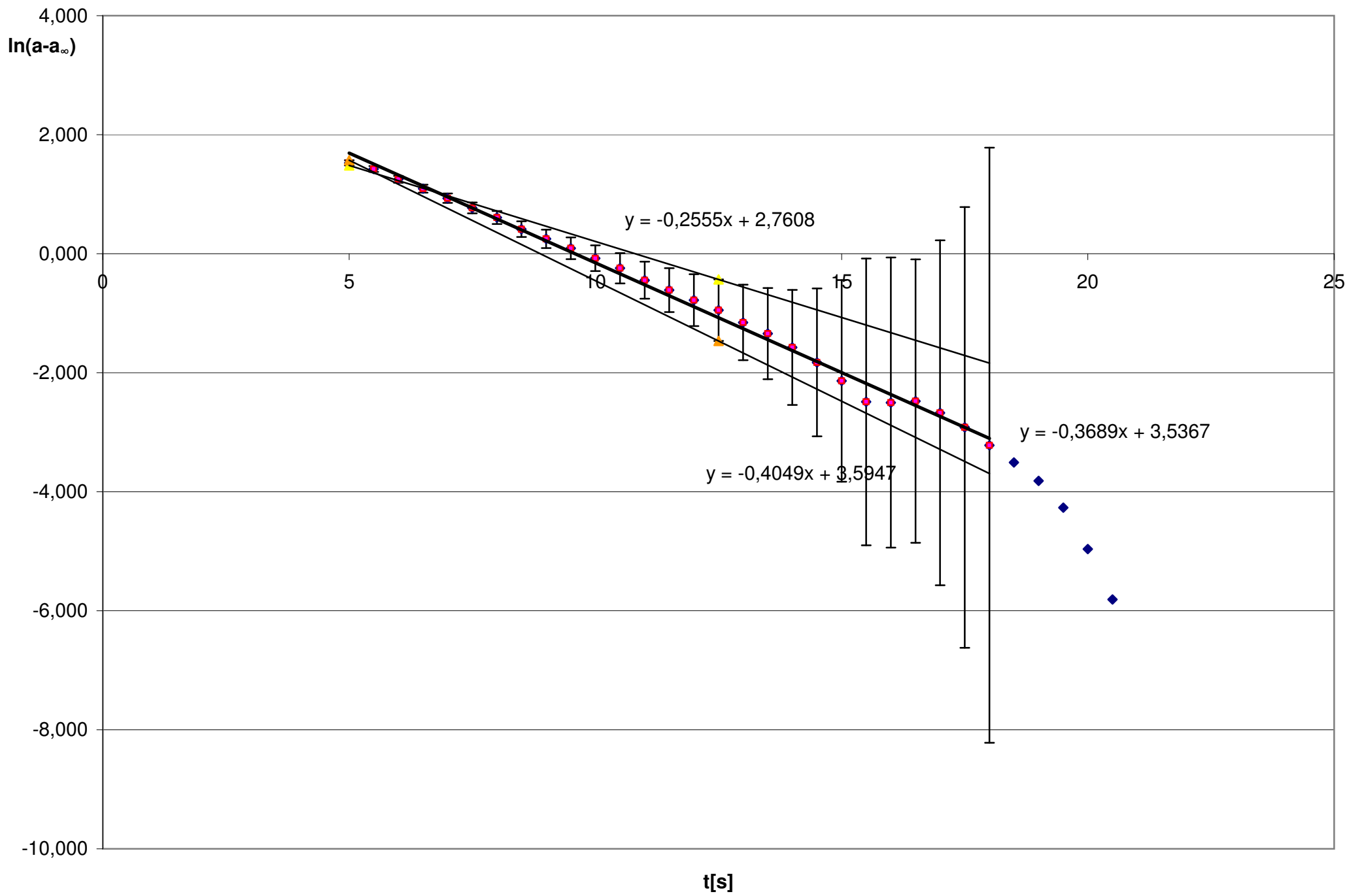
Somit ist  $\Delta E_A = 3303K \cdot R = 27462,496 J = 27,465 kJ$  und  $\Delta k_0 = e^{c+\Delta c} - e^c = 9,096 \cdot 10^{19}$ .

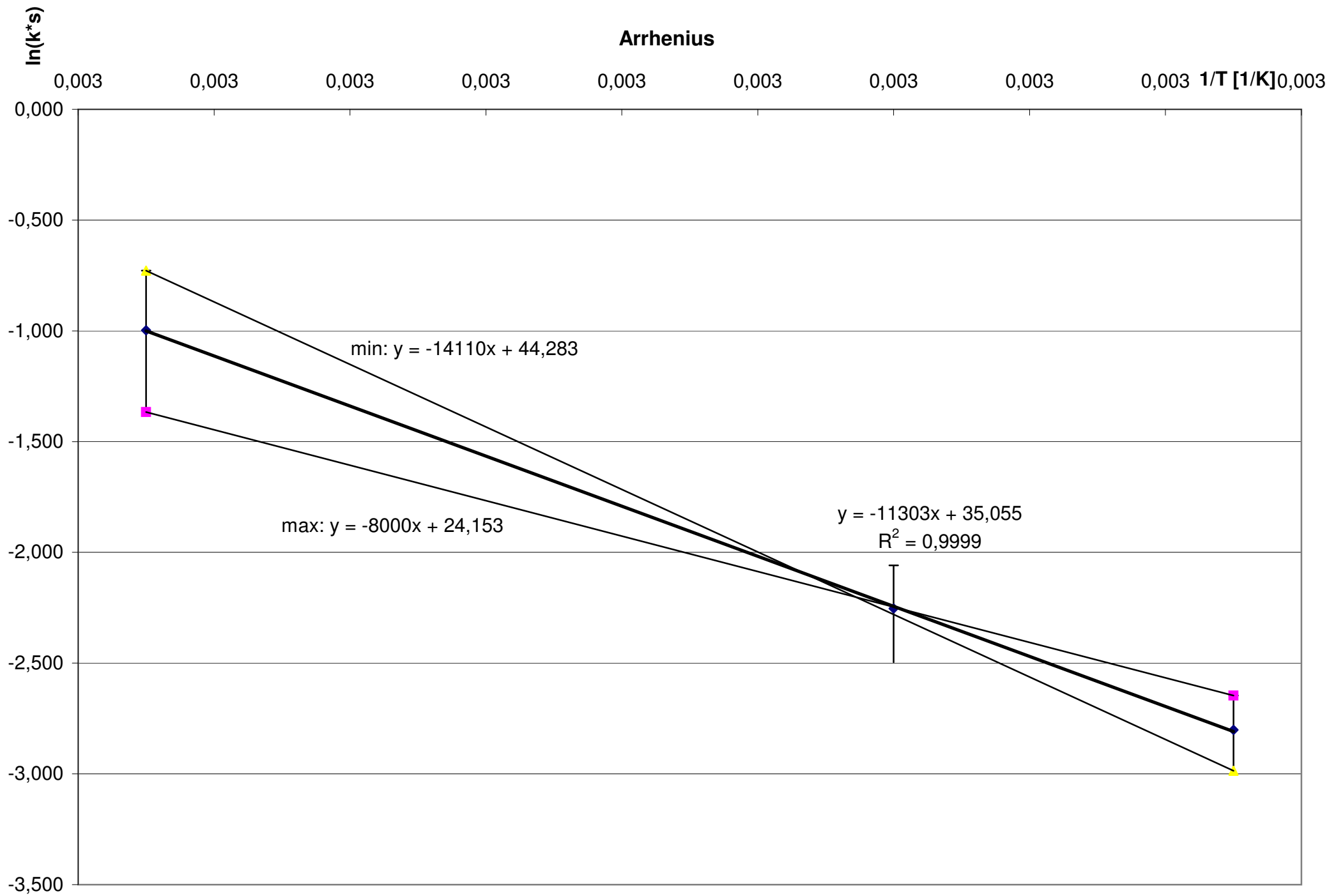
### Anhang:

- Diagramme
- Messwerte









# Rohrzuckerinversion

t [min]	25°C			30°C			40°C		
	Winkel	Fehler		α	ln(α-α <sub>∞</sub> )	Fehler	α	ln(α-α <sub>∞</sub> )	Fehler
	α	ln(α-α <sub>∞</sub> )	1/(α-α <sub>∞</sub> )*Δα						
3,5				4,227	1,724	0,0357			
4	4,137	1,716	0,0360	3,992	1,681	0,0372			
4,5	4,008	1,692	0,0368	3,725	1,630	0,0392			
5	3,902	1,673	0,0375	3,519	1,589	0,0408	3,274	1,527	0,0434
5,5	3,819	1,657	0,0381	3,331	1,550	0,0424	2,824	1,424	0,0481
6	3,703	1,635	0,0390	3,154	1,512	0,0441	2,160	1,250	0,0573
6,5	3,611	1,617	0,0397	2,953	1,466	0,0461	1,656	1,094	0,0670
7	3,503	1,595	0,0406	2,802	1,431	0,0478	1,210	0,932	0,0787
7,5	3,381	1,570	0,0416	2,644	1,393	0,0497	0,830	0,770	0,0926
8	3,210	1,534	0,0431	2,429	1,338	0,0525	0,509	0,609	0,1088
8,5	3,061	1,501	0,0446	2,261	1,293	0,0549	0,180	0,412	0,1325
9	2,885	1,461	0,0464	2,103	1,248	0,0574	-0,046	0,250	0,1558
9,5	2,704	1,418	0,0484	1,944	1,201	0,0602	-0,236	0,090	0,1828
10	2,487	1,364	0,0511	1,771	1,148	0,0635	-0,403	-0,076	0,2157
10,5	2,312	1,318	0,0535	1,623	1,100	0,0666	-0,546	-0,243	0,2551
11	2,152	1,275	0,0559	1,485	1,053	0,0698	-0,689	-0,445	0,3120
11,5	2,081	1,254	0,0570	1,357	1,007	0,0730	-0,787	-0,611	0,3683
12	1,870	1,192	0,0607	1,213	0,953	0,0771	-0,871	-0,779	0,4357
12,5	1,737	1,151	0,0633	1,083	0,902	0,0812	-0,943	-0,949	0,5168
13	1,627	1,116	0,0655	0,974	0,857	0,0849	-1,015	-1,155	0,6349
13,5	1,523	1,081	0,0678	0,874	0,813	0,0887	-1,069	-1,343	0,7663
14	1,410	1,042	0,0705	0,774	0,768	0,0928	-1,123	-1,575	0,9662
14,5	1,327	1,012	0,0727	0,684	0,725	0,0969	-1,169	-1,826	1,2422
15	1,239	0,980	0,0751	0,615	0,691	0,1002	-1,212	-2,137	1,6949
15,5	1,159	0,949	0,0774	0,533	0,649	0,1045	-1,247	-2,489	2,4096
16	1,078	0,917	0,0799	0,441	0,600	0,1098	-1,248	-2,501	2,4390
16,5	1,013	0,891	0,0820	0,342	0,544	0,1161	-1,246	-2,477	2,3810
17	0,947	0,864	0,0843	0,260	0,495	0,1219	-1,261	-2,674	2,8986
17,5	0,886	0,838	0,0865	0,179	0,445	0,1282	-1,276	-2,919	3,7037
18	0,830	0,813	0,0887	0,099	0,392	0,1351	-1,290	-3,219	5,0000
18,5	0,771	0,787	0,0911	0,014	0,333	0,1434	-1,300	-3,507	6,6667
19	0,725	0,765	0,0930	-0,057	0,281	0,1511	-1,308	-3,817	9,0909
19,5	0,683	0,746	0,0949	-0,128	0,226	0,1596	-1,316	-4,269	14,2857
20	0,648	0,729	0,0965	-0,200	0,166	0,1693	-1,323	-4,962	28,5714
20,5	0,613	0,712	0,0981	-0,267	0,108	0,1795	-1,327	-5,809	66,6667
21	0,556	0,684	0,1010	-0,323	0,056	0,1890	-1,330		
21,5	0,494	0,652	0,1042	-0,376	0,005	0,1990			
22	0,445	0,626	0,1070	-0,420	-0,040	0,2081			
22,5	0,402	0,603	0,1095	-0,444	-0,065	0,2134			
23	0,361	0,580	0,1120	-0,487	-0,112	0,2237			
23,5	0,302	0,546	0,1158	-0,530	-0,161	0,2350			
24	0,247	0,514	0,1196	-0,580	-0,222	0,2497			
24,5	0,203	0,487	0,1229	-0,622	-0,276	0,2635			
25	0,157	0,459	0,1264	-0,669	-0,340	0,2809			
25,5	0,103	0,424	0,1309	-0,709	-0,397	0,2976			
26	0,067	0,400	0,1340	-0,745	-0,453	0,3145			
26,5	0,033	0,377	0,1372	-0,782	-0,512	0,3339			
27	0,011	0,362	0,1393	-0,827	-0,591	0,3610			
27,5	-0,007	0,349	0,1410	-0,869	-0,669	0,3906			
28	-0,050	0,318	0,1455	-0,899	-0,730	0,4149			
28,5	-0,086	0,292	0,1494	-0,937	-0,812	0,4505			
29	-0,122	0,265	0,1535	-0,974	-0,899	0,4914			
29,5	-0,157	0,237	0,1577	-1,012	-0,997	0,5420			
30	-0,194	0,208	0,1625	-1,034	-1,058	0,5764			
30,5	-0,220	0,186	0,1660	-1,033	-1,056	0,5747			
31	-0,254	0,158	0,1708	-1,044	-1,088	0,5935			
31,5	-0,294	0,123	0,1768	-1,074	-1,181	0,6515			
32	-0,332	0,089	0,1830	-1,097	-1,259	0,7042			
32,5	-0,370	0,054	0,1896	-1,119	-1,339	0,7634			

Zeit	$\alpha$	$\ln(\alpha-\alpha_\infty)$	Fehler	$\alpha$	$\ln(\alpha-\alpha_\infty)$	Fehler
33	-0,411	0,014	0,1972	-1,138	-1,415	0,8230
33,5	-0,446	-0,021	0,2043	-1,162	-1,519	0,9132
34	-0,473	-0,049	0,2101	-1,181	-1,609	1,0000
34,5	-0,500	-0,078	0,2162	-1,202	-1,720	1,1173
35	-0,502	-0,080	0,2167	-1,220	-1,826	1,2422
35,5	-0,506	-0,084	0,2176	-1,238	-1,945	1,3986
36	-0,534	-0,115	0,2245	-1,254	-2,064	1,5748
36,5	-0,563	-0,149	0,2320	-1,272	-2,216	1,8349
37	-0,591	-0,182	0,2398	-1,290	-2,397	2,1978
37,5	-0,617	-0,213	0,2475	-1,310	-2,645	2,8169
38	-0,636	-0,237	0,2535	-1,337	-3,124	4,5455
38,5	-0,661	-0,269	0,2618	-1,355	-3,650	7,6923
39	-0,691	-0,309	0,2725	-1,378	-5,809	66,6667
39,5	-0,716	-0,344	0,2821	-1,381		
40	-0,754	-0,399	0,2981			
40,5	-0,776	-0,432	0,3082			
41	-0,808	-0,483	0,3241			
41,5	-0,833	-0,524	0,3378			
42	-0,855	-0,562	0,3509			
42,5	-0,857	-0,566	0,3521			
43	-0,854	-0,560	0,3503			
43,5	-0,865	-0,580	0,3571			
44	-0,881	-0,609	0,3676			
44,5	-0,903	-0,650	0,3831			
45	-0,922	-0,687	0,3976			
45,5	-0,938	-0,719	0,4107			
46	-0,963	-0,772	0,4329			
46,5	-0,985	-0,821	0,4545			
47	-1,005	-0,868	0,4762			
47,5	-1,024	-0,914	0,4988			
48	-1,042	-0,960	0,5222			
48,5	-1,067	-1,027	0,5587			
49	-1,085	-1,079	0,5882			
49,5	-1,104	-1,136	0,6231			
50	-1,122	-1,194	0,6601			
50,5	-1,115	-1,171	0,6452			
51	-1,111	-1,158	0,6369			
51,5	-1,117	-1,178	0,6494			
52	-1,132	-1,228	0,6826			
52,5	-1,152	-1,298	0,7326			
53	-1,164	-1,343	0,7663			
53,5	-1,177	-1,394	0,8065			
54	-1,187	-1,435	0,8403			
54,5	-1,204	-1,510	0,9050			
55	-1,204	-1,510	0,9050			
55,5	-1,235	-1,661	1,0526			
56	-1,260	-1,802	1,2121			
56,5	-1,275	-1,897	1,3333			
57	-1,295	-2,040	1,5385			
57,5	-1,314	-2,198	1,8018			
58	-1,315	-2,207	1,8182			
58,5	-1,298	-2,064	1,5748			
59	-1,296	-2,048	1,5504			
59,5	-1,300	-2,079	1,6000			
60	-1,315	-2,207	1,8182			
60,5	-1,320	-2,254	1,9048			
61	-1,332	-2,375	2,1505			
61,5	-1,342	-2,489	2,4096			
62	-1,348	-2,564	2,5974			
62,5	-1,354	-2,645	2,8169			
63	-1,371	-2,919	3,7037			
63,5	-1,393	-3,442	6,2500			
64	-1,411	-4,269	14,2857			
64,5	-1,425					

### Fehlerrechnung

Fehler  $\Delta\alpha = 0,200$

Fehler für Geradensteigungen

	max	min
25 °C	1,752	1,680
	-0,490	0,138
30 °C	1,689	1,689
	-0,767	-0,455
40 °C	1,483	1,570
	-0,433	-1,466

Werte für Arrhenius-Auftragung

k	$\ln k$	$1/T$
0,061	-2,802	0,003
0,105	-2,254	0,003
0,369	-0,997	0,003

Fehler für Arrhenius-Auftragung

T	25 °C	30 °C	40 °C
$\Delta k$	0,010	0,023	0,114
$\ln(k1-\Delta k)$	-2,986	-2,496	-1,366
$\ln(k1+\Delta k)$	-2,646	-2,059	-0,728
$\ln(k1-\Delta k)-\ln(k1)$	-0,184	-0,242	-0,369
$\ln(k1)-\ln(k1+\Delta k)$	-0,155	-0,195	-0,269