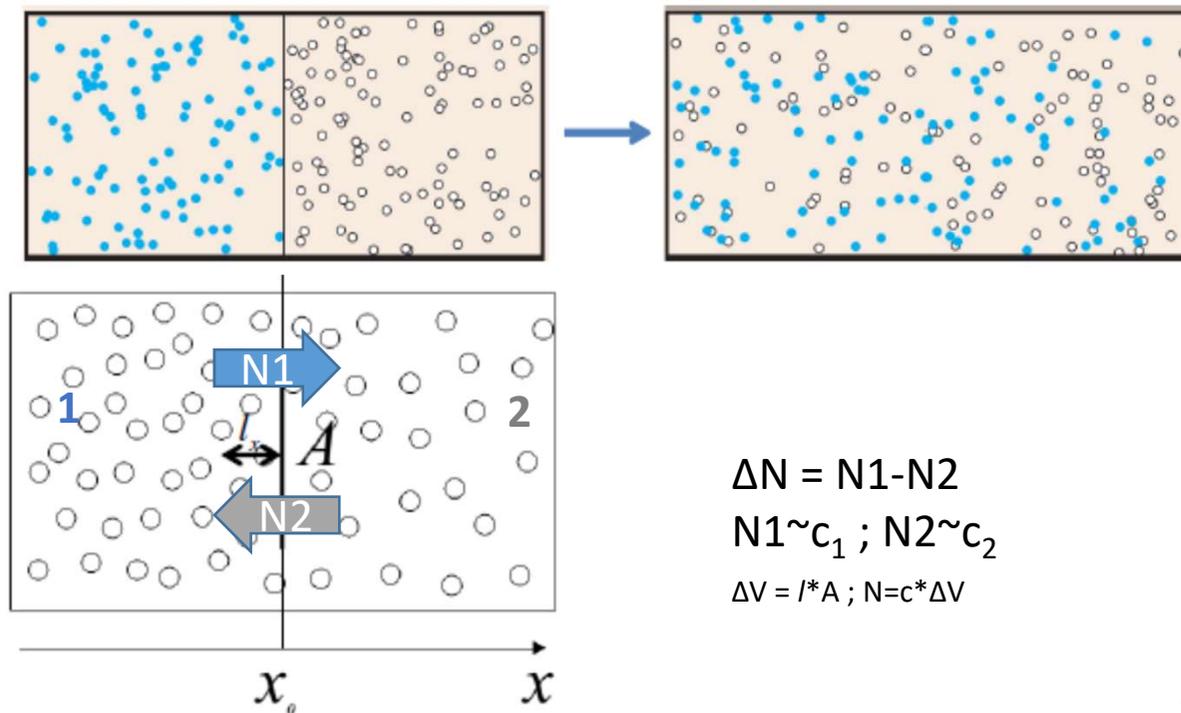


# Diffusion

- Random Walk (zufällige Wanderung)
- Diffusion von Kalium-permanganate ( $\text{KMnO}_4$ )
- Bildaufarbeitung
- Mikro-diffusion

**Brownsche Bewegung:** Zufällige, unkorrelierte Bewegung der Teilchen, wegen der thermischen Bewegung und zufällige Zusammenstöße

**Diffusion:** Netto Stofftransport aus dem Bereich mit hoher Konzentration in den Bereich mit niedrigerer Konzentration. Die beobachtbare Stoffstromdichte lässt sich nur nach dem räumlichen Ausgleich der Konzentration nach. (im thermischen Gleichgewicht und freier 3D-Bewegung)



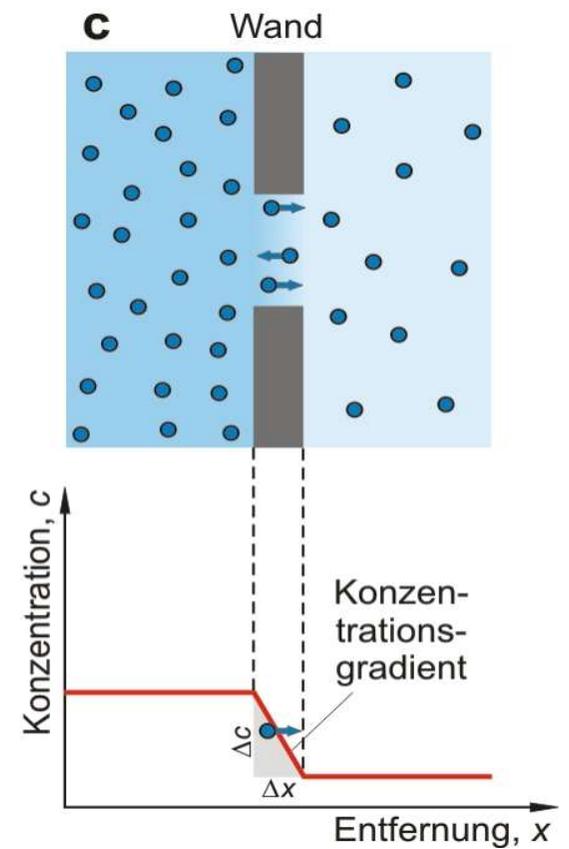
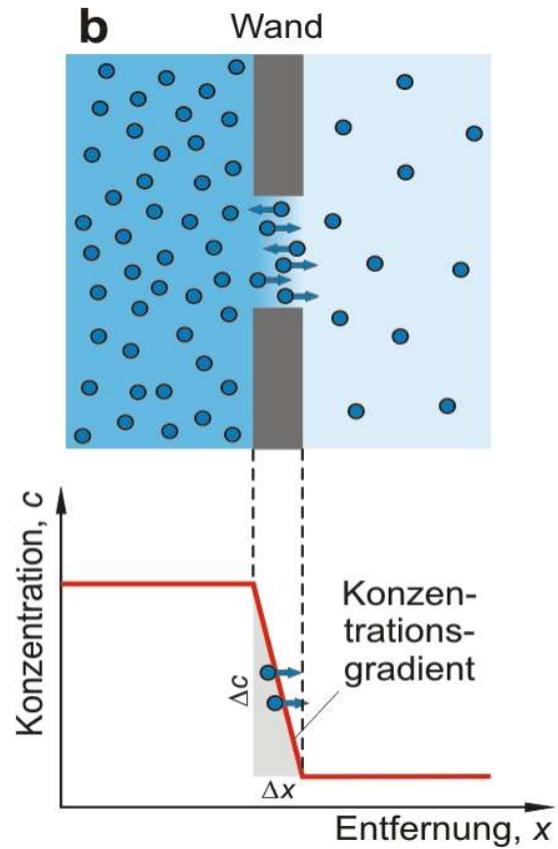
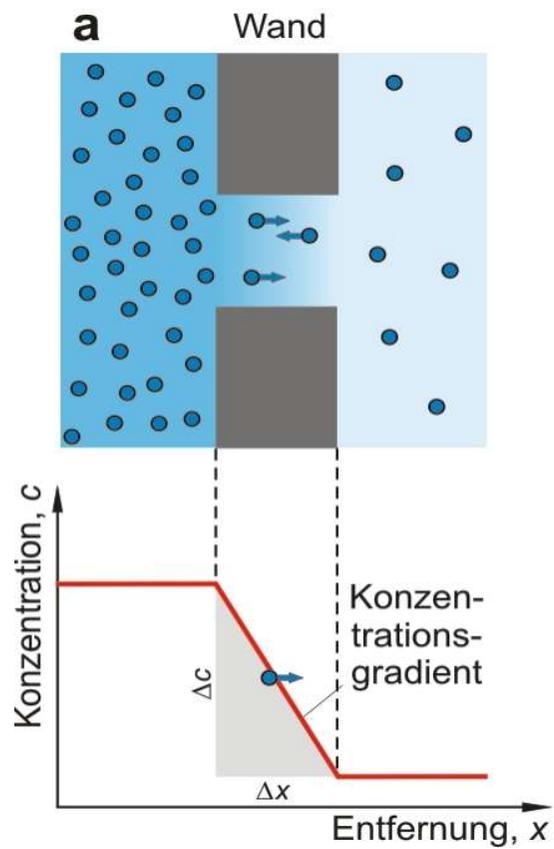
$$\Delta N = N1 - N2$$

$$N1 \sim c_1 ; N2 \sim c_2$$

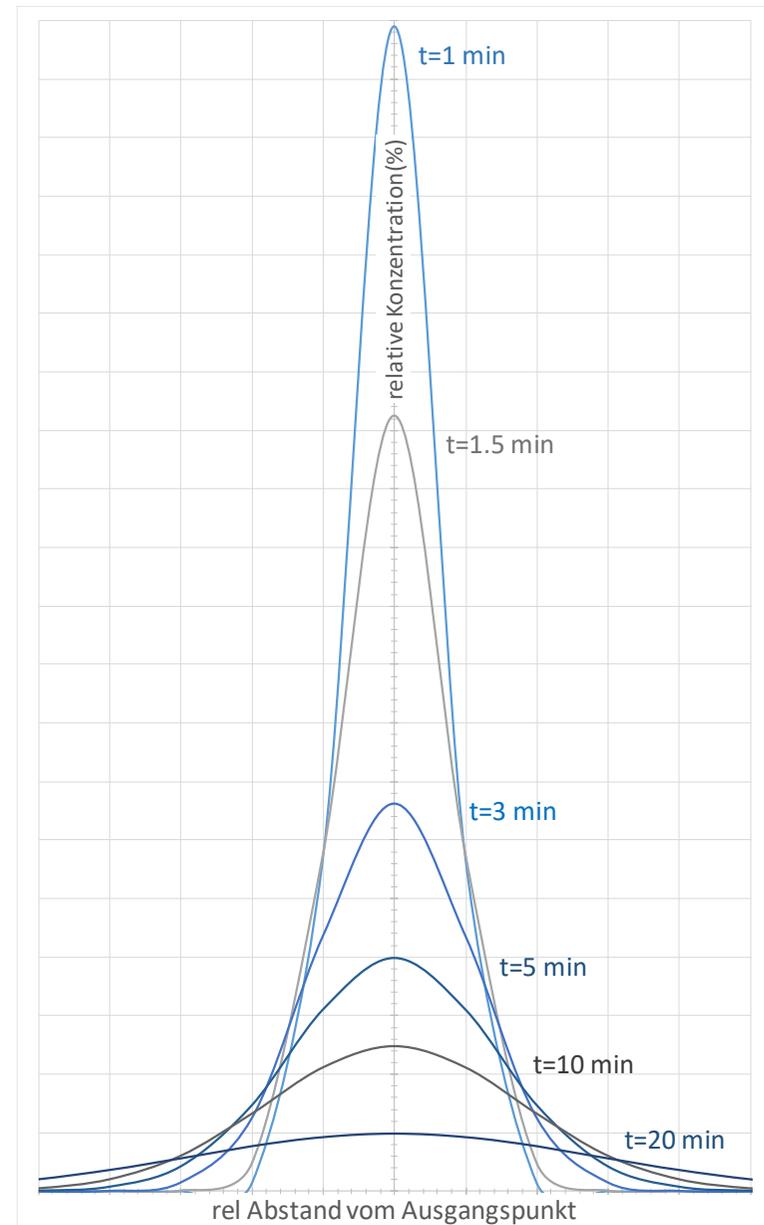
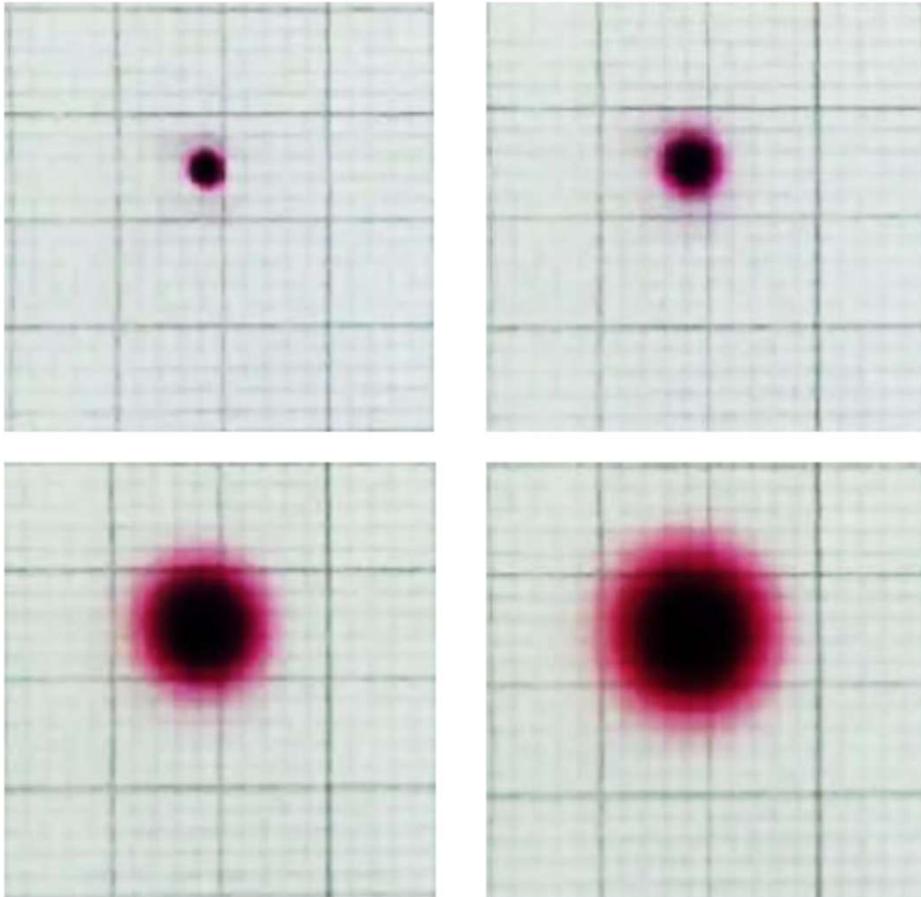
$$\Delta V = l \cdot A ; N = c \cdot \Delta V$$

$$J_v = -D \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

$$D \cdot \frac{\Delta \left( \frac{\Delta c}{\Delta x} \right)}{\Delta x} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$



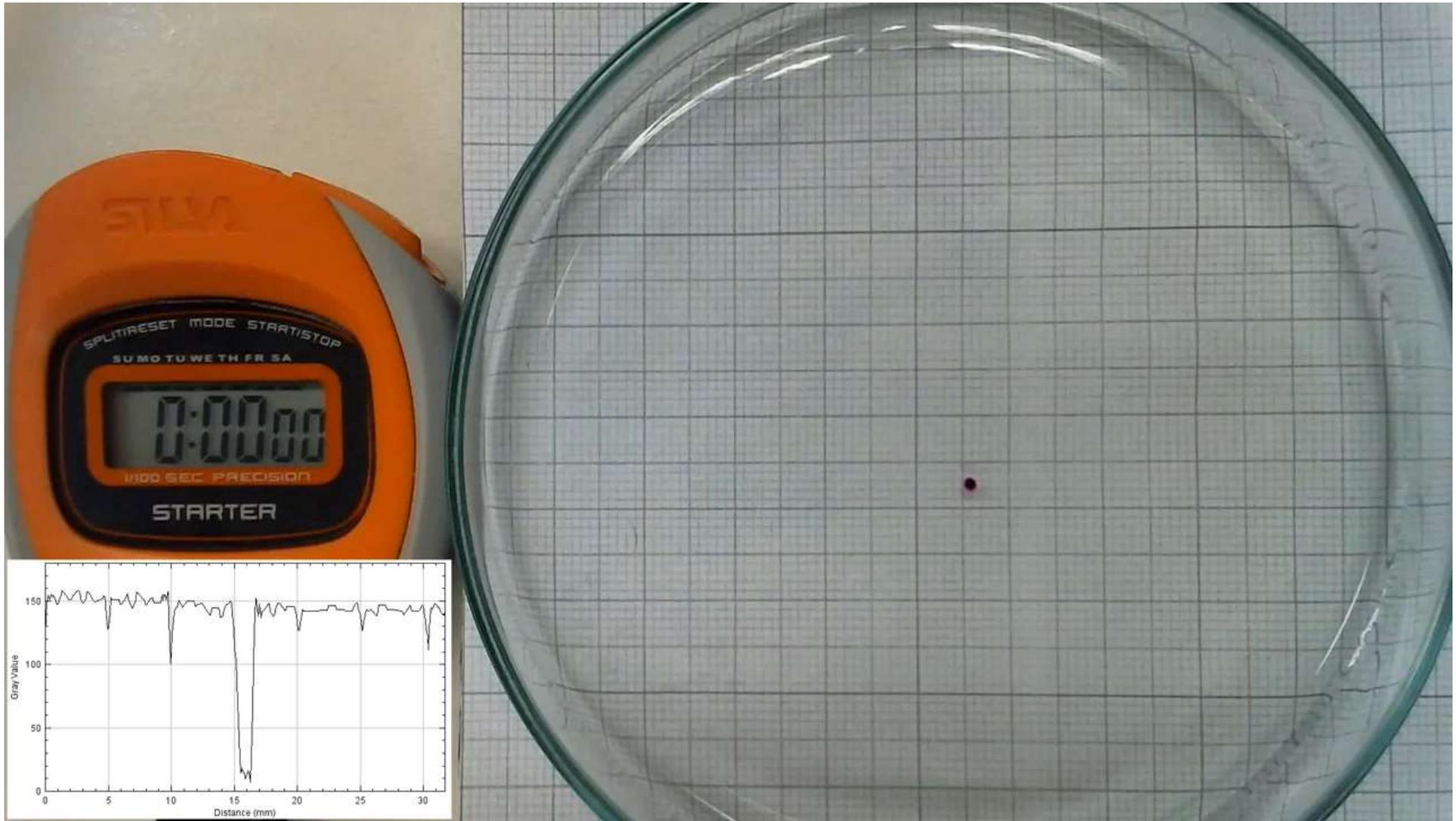
# Diffusion von $\text{KMnO}_4$



$$D \cdot \frac{\Delta \left( \frac{\Delta c}{\Delta x} \right)}{\Delta t} = \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

Diffusion - Hilfsmaterial

2020. 04. 06.

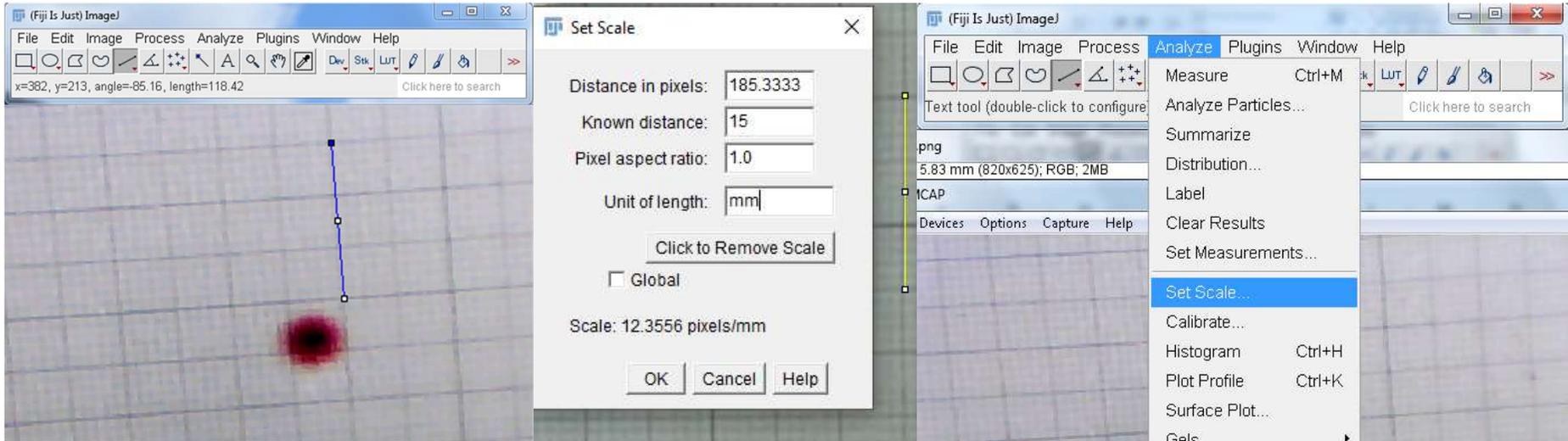


2020. 04. 06.

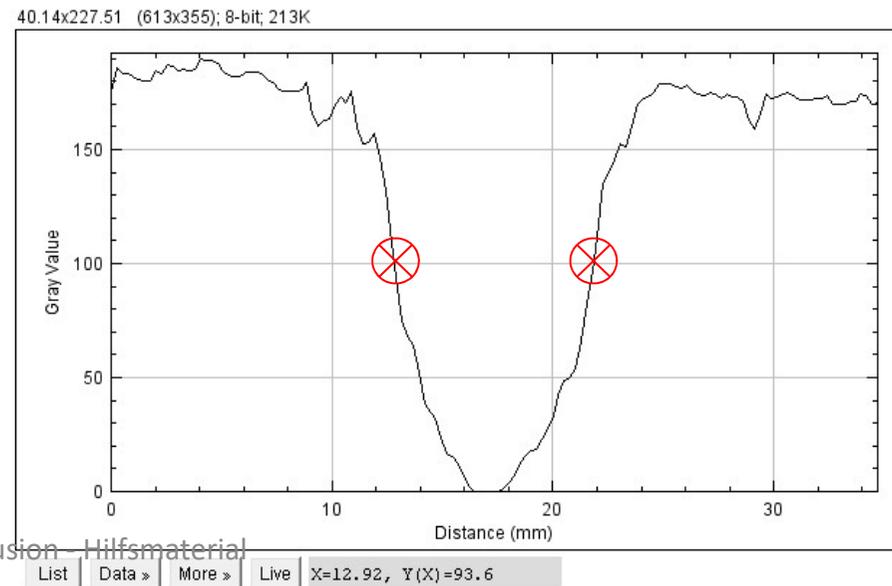
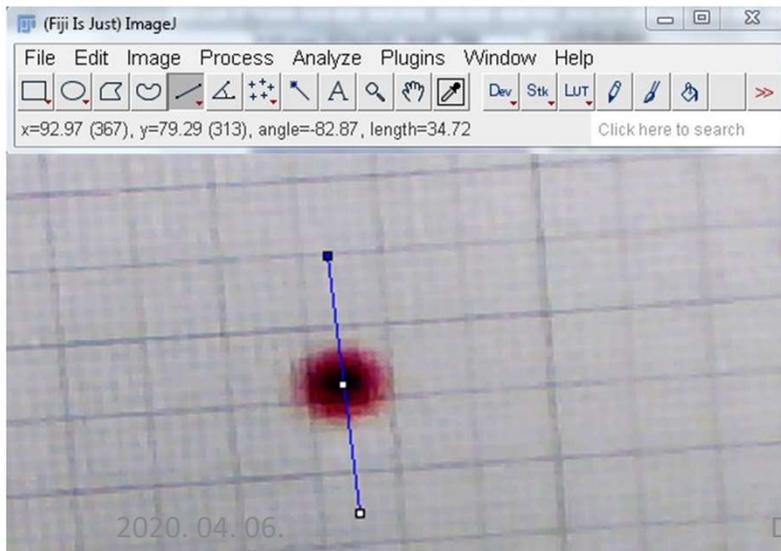
Diffusion - Hilfsmaterial

# Bildaufarbeitung

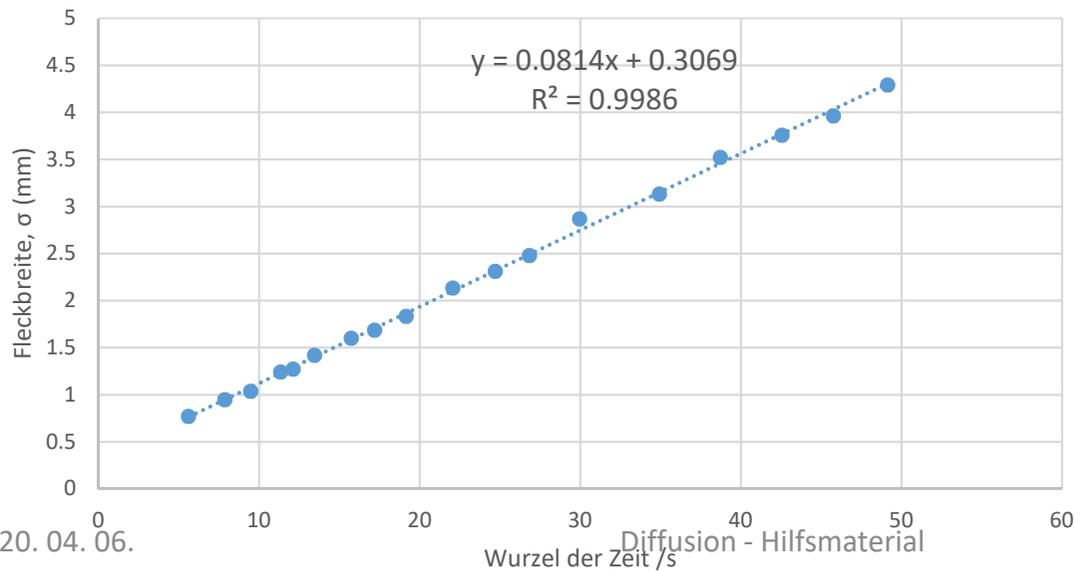
## 1. Kalibration



## 2. Intensitätsprofilsbestimmung

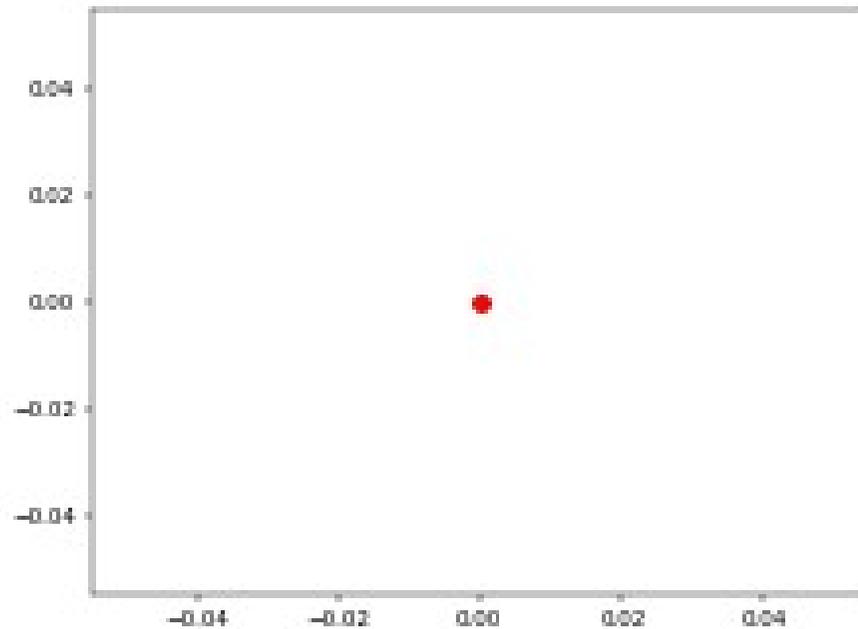


	vergangene Zeit (min)	tatsächlich vergangene Zeit (s)	linke Seite des Fleckes (mm)	rechte Seite des Fleckes (mm)		Wurzel der Zeitdauer (/s)	Durchmesse des Fleckes (mm)	Breiteparame-ter der Kurve $\sigma$ (mm)
	0.5	31.5	5.74	7.87		5.61248608	2.13	0.76884856
	1	62	4.84	7.46		7.87400787	2.62	0.945719825
	1.5	90	4.26	7.13		9.48683298	2.87	1.035960266
	2	129	4.84	8.28		11.3578167	3.44	1.241708472
	2.5	147	4.92	8.44		12.1243557	3.52	1.270585413
	3	181	8.77	12.7		13.453624	3.93	1.418579737
	4	248	7.7	12.13		15.7480157	4.43	1.599060619
	5	296	8.36	13.03		17.2046505	4.67	1.685691443
	6	367	7.21	12.29		19.1572441	5.08	1.833685767
	8	487	7.29	13.2		22.0680765	5.91	2.133284032
	10	611	6.8	13.2		24.7184142	6.4	2.310155297
	12	720	4.59	11.46		26.8328157	6.87	2.479807326
	15	898	4.75	12.7		29.9666481	7.95	2.869646033
	20	1220	4.43	13.11		34.9284984	8.68	3.133148121
	25	1500	4.26	14.02		38.7298335	9.76	3.522986828
	30	1811	8.85	19.26		42.5558457	10.41	3.757611975
	35	2095	6.48	17.46		45.77117	10.98	3.963360181
	40	2415	6.72	18.61		49.1426495	11.89	4.291835387

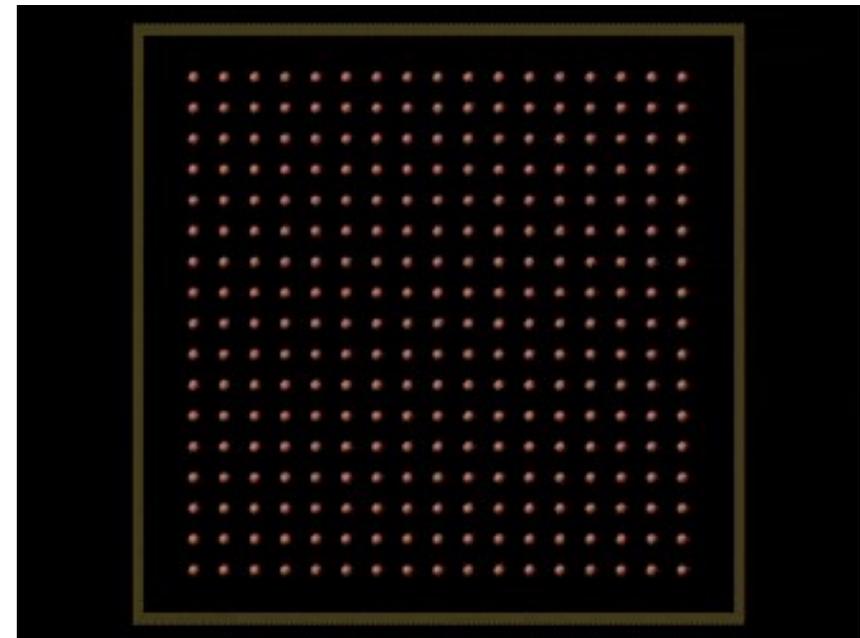


$$D = \text{Steigung}^2 / 2$$

Mit Hilfe des random-walk-Modells kann der Zusammenhang zwischen hinterlegte Abstand und Zeitdauer bestimmt werden.



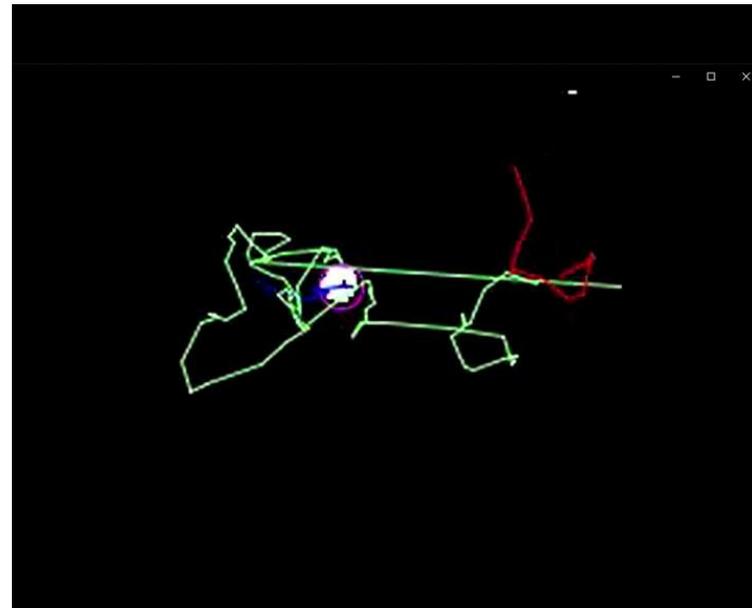
Die Teilchen bewegen sich zufällig, jeder Zusammenstoß verändert die Bewegungsrichtung zufällig. Davon folgt eine Zickzack-Bewegung.



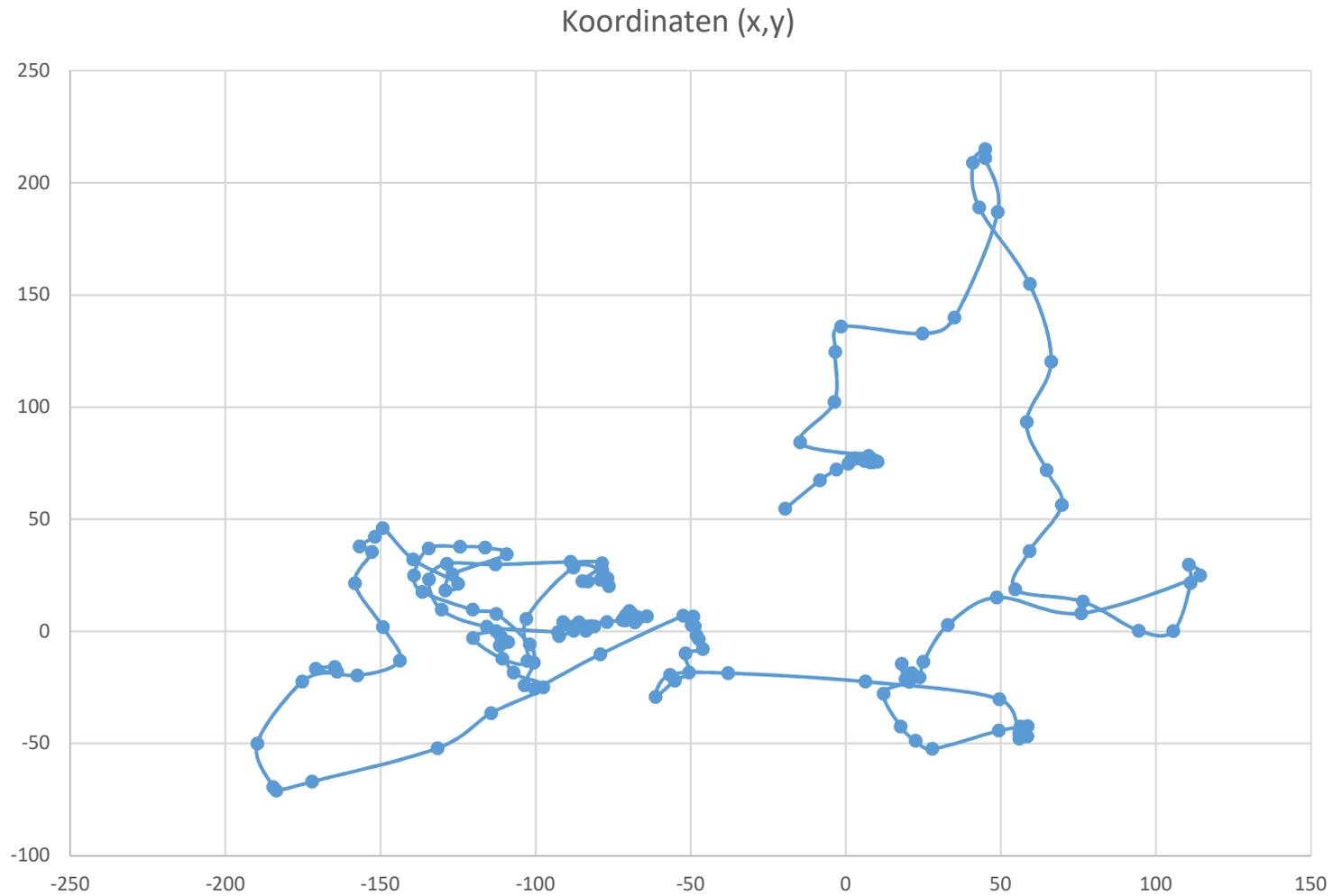
Ein vergrößertes Modell kann man sogar zu Hause aufbauen: Mohnkerne werden bewegt (fluidisiert) und dienen als Lösungsmittel, und ein Schaumstoffkugel dient als aufgelöstes Molekül. Die charakteristische zickzack-Bewegung ist sichtbar.



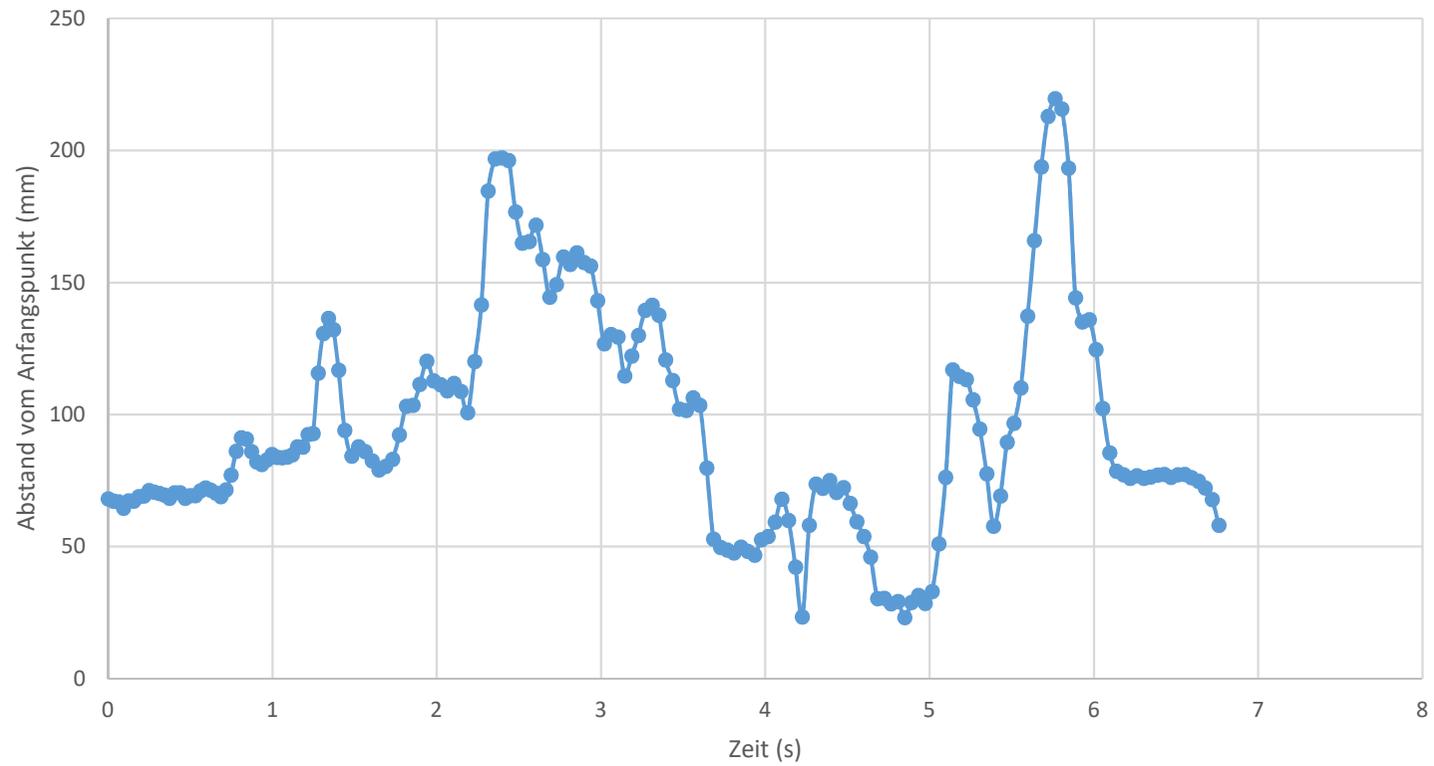
Mit dem freien ImageJ Program kann das Kugelchen gefolgt werden, und der Weg wird digitalisiert.



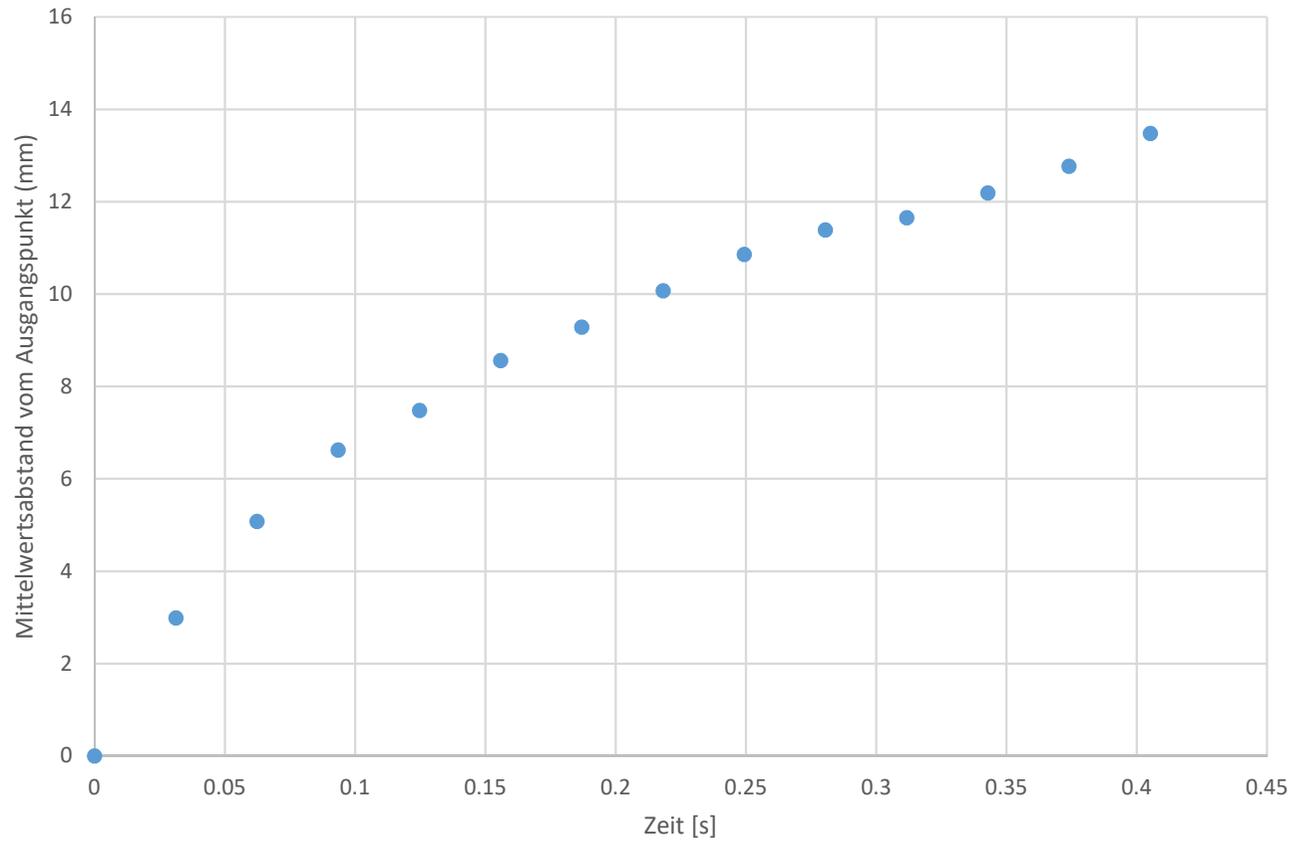
Die Koordinaten werden gespeichert, und der Weg kann dargestellt und analysiert werden.



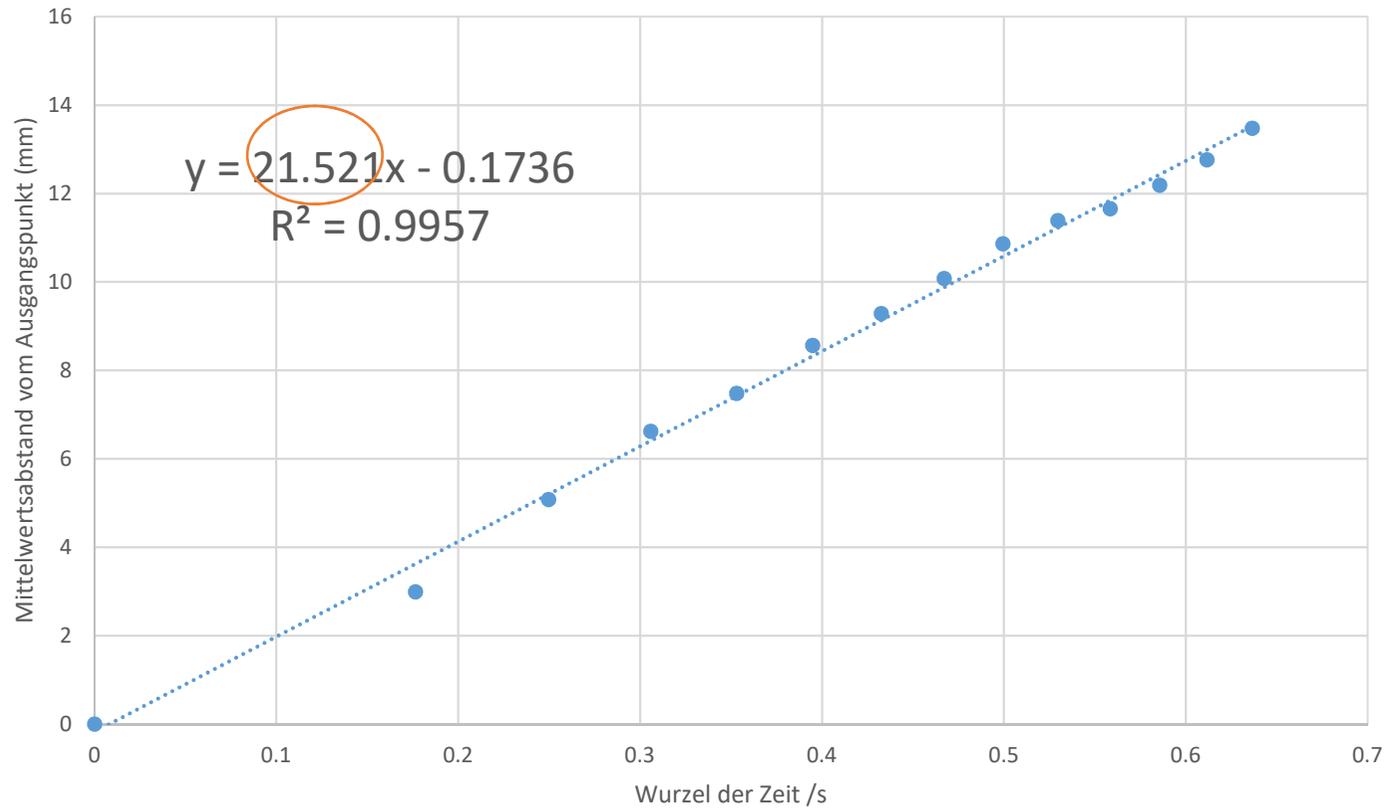
## Der Abstand vom Anfangspunkt fluktuiert



Aus mehreren Strecken kann der Mittelwertsabstand vom Ausgangspunkt bestimmt werden. Es folgt ein Wurzelfunktion der Zeit.



$$R_{\text{mittel}} = \sqrt{2 * D * t}$$

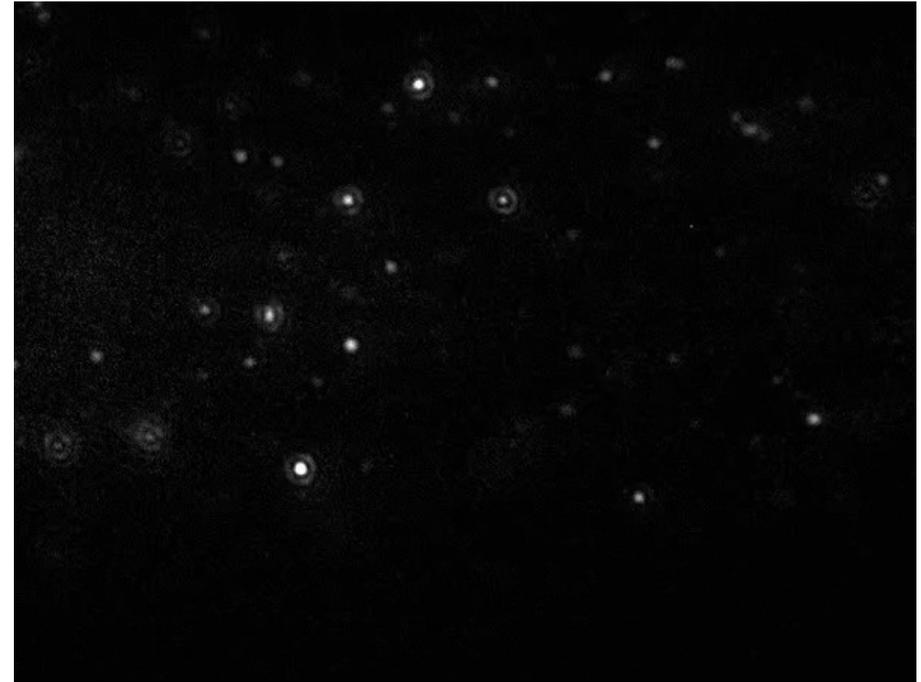
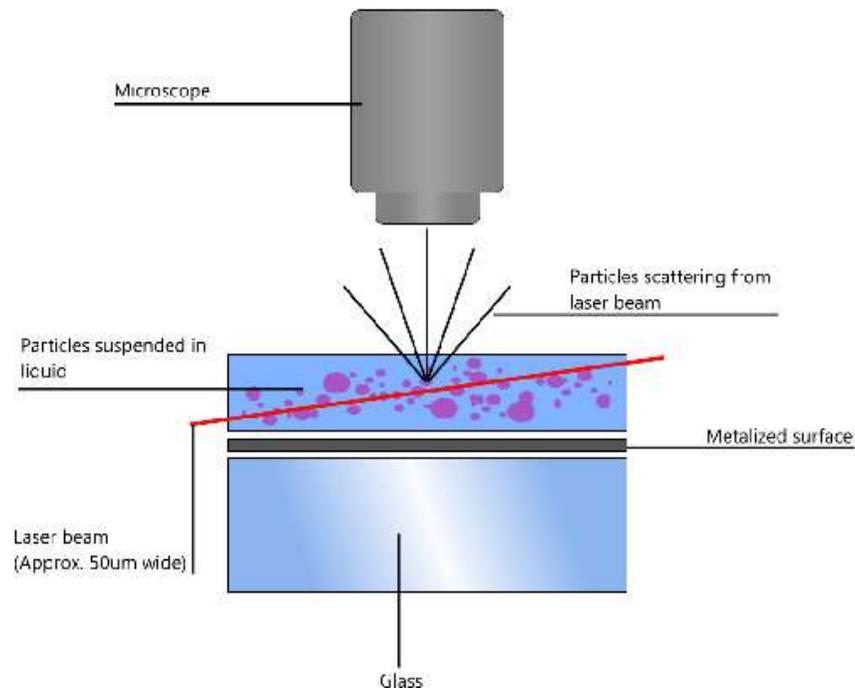


$$\sqrt{2 * D} = 21.521 \frac{\text{mm}}{\sqrt{\text{s}}}$$

D: Diffusionskonstante

$$D = 231 \text{ mm}^2/\text{s}$$

# Nanoparticle tracking analysis (NTA): Nanotelichenverfolgungsanalyse





Gold nano-kugeln werden unter dem Mikroskop gefolgt. Die sind zu Teilchen gebunden, die innerhalb des Lipidmembranes diffundiert. Die unterschiedliche Membranbereiche sind trennbar basierend auf die bekommene Diffusionskonstanten.

