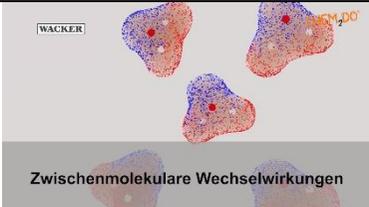
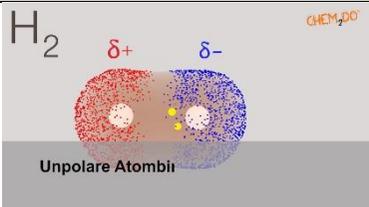
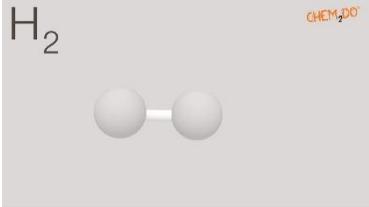
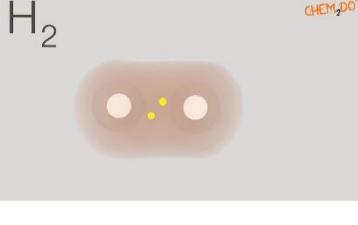
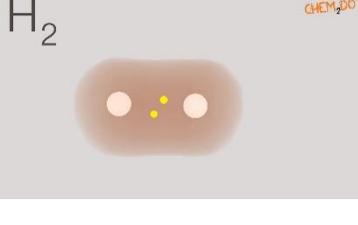
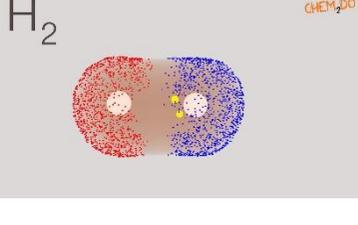
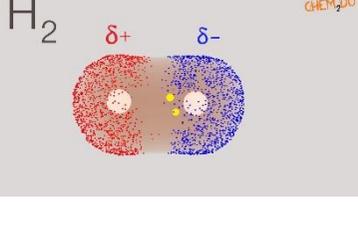
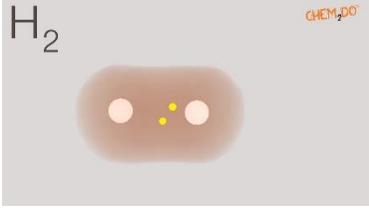
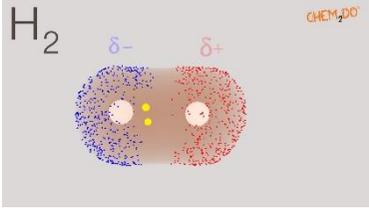
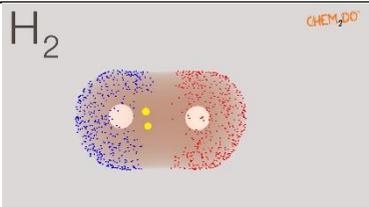
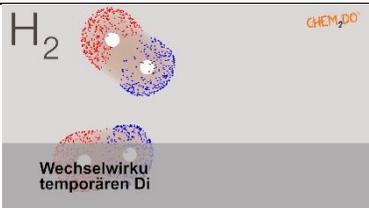
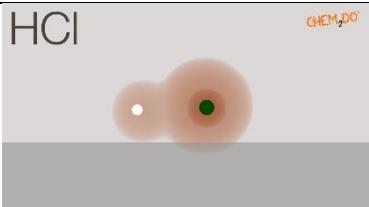
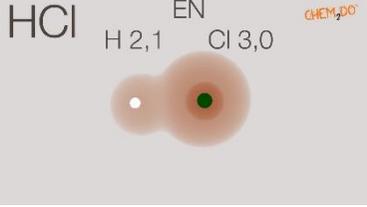
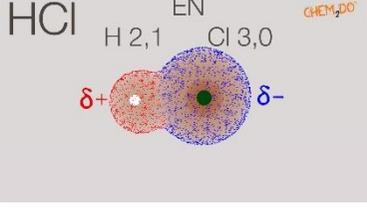
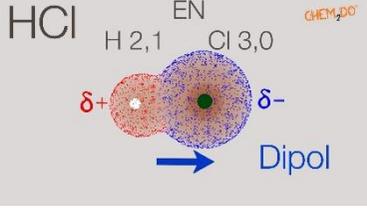
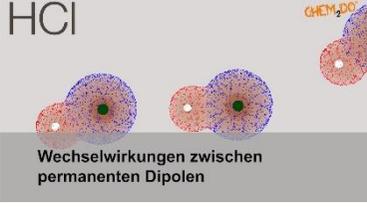
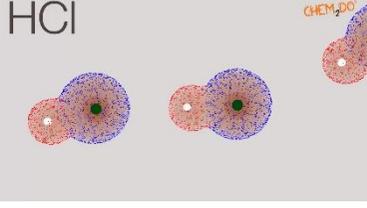
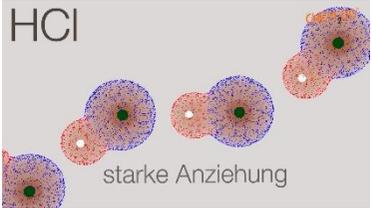
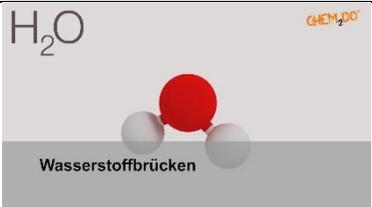
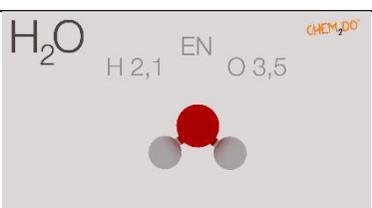
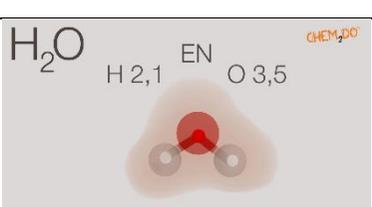


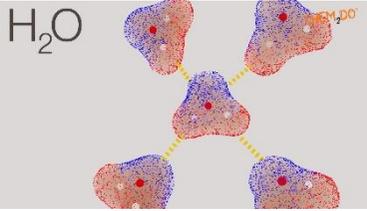
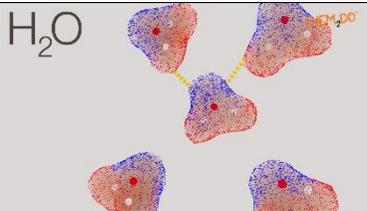
Nr	Zeit	Startbild	Sprechertext
01	00:00		<p><b>Zwischenmolekulare Wechselwirkungen</b></p> <p>In diesen Animationen werden die Kräfte, die zwischen Molekülen wirken, vorgestellt.</p> <p>Neben den Bindungen zwischen den Atomen oder Ionen <u>innerhalb</u> eines Moleküls gibt es auch Wechselwirkungen <u>zwischen</u> den Molekülen.</p> <p>Diese Kräfte sind deutlich schwächer als die Bindungskräfte.</p> <p>Man bezeichnet sie als zwischenmolekulare oder <u>intermolekulare Wechselwirkungen</u>.</p> <p>Diese Wechselwirkungen sind für die Stoffeigenschaften mitverantwortlich und beeinflussen z.B. Schmelz- und Siedetemperaturen.</p>
02	00:37		<p>Die schwächsten der intermolekularen Wechselwirkungen bilden sich zwischen unpolaren Molekülen aus.</p>
03	00:44		<p>Zunächst betrachten wir die Bindungsverhältnisse in einem Wasserstoff-Molekül H<sub>2</sub>.</p> <p>Die beiden Wasserstoffatome sind durch eine <u>Einfachbindung</u> miteinander verbunden.</p> <p>Beide Atome weisen die gleiche Elektronegativität auf.</p> <p>Deshalb liegt der <u>Ladungsschwerpunkt</u> in der Mitte der Bindung.</p> <p>Das Molekül ist <u>nach außen hin ungeladen</u>.</p>

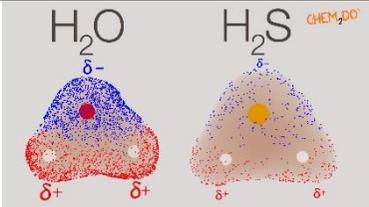
04	01:05		Wir sehen hier in gelb die beiden Bindungselektronen.
05	01:10		<p>Sie bewegen sich <u>um</u> die Wasserstoff-Atome.</p> <p>Hier sind stellvertretend die Bewegungen <u>zwischen</u> den Wasserstoff-Atomen hervorgehoben.</p>
06	01:17		<p>Je nach Position der Elektronen, entstehen unterschiedlich <u>geladene</u> Bereiche um die einzelnen Wasserstoff-Atome.</p> <p>Diese Bereiche verändern sich schnell.</p>
07	01:26		In der Momentaufnahme zeigt der rote Bereich positive (delta plus) und der blaue Bereich negative (delta minus) Ladungsdichten im Molekül.

08	01:36		Die Teilladungen verschieben sich ständig.
09	01:40		So entsteht ein <b>temporärer</b> Dipol.
10	01:44		Mit steigender Molekülmasse und steigender Moleküloberfläche nehmen diese Kräfte zu. Sie betragen um die 10 kJ/mol.
11	01:50		<p><b>Wechselwirkungen zwischen temporären Dipolen</b></p> <p>Nähern sich mehrere Wasserstoffmoleküle einander an, bilden sich <u>Wechselwirkungen</u> zwischen ihnen aus.</p> <p>Diese temporären oder induzierten Dipole können sich dabei kurzzeitig anziehen oder abstoßen.</p>
12	02:08		<p><b>Polare Atombindung</b></p> <p>Wir betrachten wieder ein einfaches Molekül, dieses Mal aber mit unterschiedlichen Atomsorten.</p>

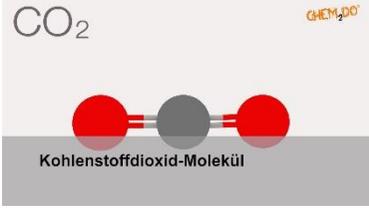
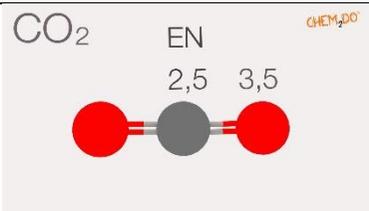
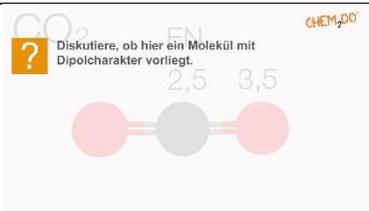
13	02:21		Auch zwischen Wasserstoff und Chlor bildet sich eine Einfachbindung aus.
14	02:44		<p>Die Elektronegativität des Chloratoms ist stärker als die des Wasserstoffatoms. Die Differenz beträgt 0,9.</p> <p>Das gemeinsame Elektronenpaar wird deshalb mehr zum Chloratom gezogen. Der <u>Ladungsschwerpunkt</u> liegt <u>nicht mehr in der Mitte</u> des Moleküls.</p> <p>Es entstehen Bereiche, die nach außen hin <u>negativer</u> beziehungsweise <u>positiver</u> geladen sind. <b>Diese Teilladungen werden mit dem Symbol delta + bzw. delta- gekennzeichnet.</b></p>
15	02:55		<p>Die <b>unsymmetrische</b> Verteilung der Ladung lässt sich auch von außen erkennen. Das Molekül wird als permanenter <b>Dipol</b> bezeichnet.</p>
16	02:57		<b>Wechselwirkungen zwischen permanenten Dipolen</b>
17	03:04		Nähern sich Dipolmoleküle einander an, kommt es aufgrund der unterschiedlichen Teilladungen zu elektrostatischen <b>Wechselwirkungen</b>

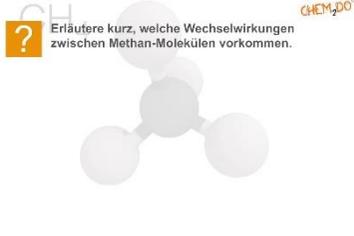
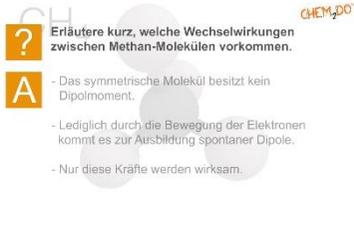
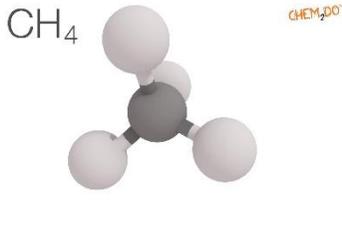
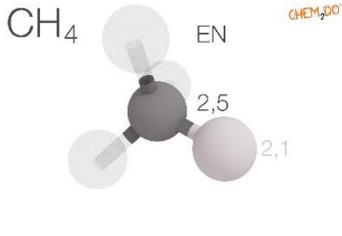
			zwischen ihnen.
18	03:15		Ihre Größe hängt sehr vom Dipolmoment der einzelnen Moleküle ab, sie sind aber stärker als die Kräfte zwischen induzierten Dipolen.
19	03:23		<b>Wasserstoffbrücken</b> Bei den Verbindungen von Wasserstoff mit Elementen der zweiten Periode (Stickstoff, Sauerstoff und Fluor) kommt eine <u> dritte Art von Wechselwirkung </u> zustande. Betrachten wir hierfür das Wasser-Molekül.
20	03:38		Die Elektronegativität des Sauerstoffatoms ist deutlich höher als die des Wasserstoffatoms.
21	04:04		Die Bindung zwischen <b>Sauerstoffatom</b> und Wasserstoffatom ist also wieder polar. Die beiden Wasserstoffatome tragen eine positive Teilladung. Das Sauerstoffatom erhält in diesem Fall eine negative Teilladung. Zudem trägt das <b>Sauerstoffatom</b> freie Elektronenpaare.

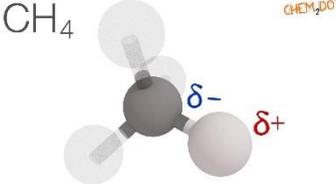
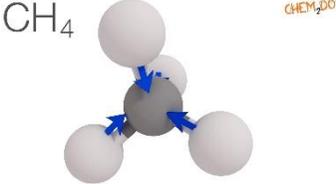
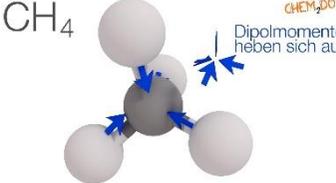
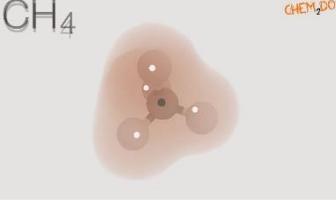
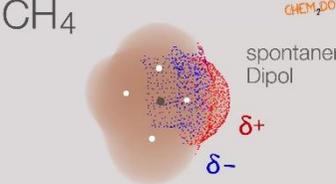
22	04:04		<p>Zwischen der positiven Teilladung eines Wasserstoff-Atoms eines Wasser-Moleküls und einem freien Elektronenpaar des Sauerstoffatoms eines anderen Wasser-Moleküls können sich <b>Wasserstoffbrücken</b> ausbilden.</p>
23	04:20		<p>Diese Kräfte liegen zwischen 20 und 30 kJ/mol.</p> <p>Möchte man flüssiges Wasser in den gasförmigen Aggregatzustand überführen, müssen diese Kräfte durch Energiezufuhr überwunden werden.</p> <p>Im Alltag bemerkt man dies an der vergleichsweise hohen Siedetemperatur (100 °C) von Wasser.</p> <p>Auch andere Stoffeigenschaften des Wassers wie die hohe Oberflächenspannung und die Dichteanomalie lassen sich durch die Wasserstoffbrücken erklären.</p>
24	04:48		<p><b>Wechselwirkungen bei anderen Molekülen</b></p>
25	04:54		<p><b>Wechselwirkungen beim Schwefelwasserstoff-Molekül</b></p> <p>Zunächst betrachten wir wieder die Bindung zwischen Schwefelatom und Wasserstoffatom.</p>

26	05:00		<p>Die Unterschiede in der Elektronegativität sind hier sehr gering. Ihre Differenz beträgt lediglich 0,4. Die Schwefel-Wasserstoff Bindung ist nahezu <u>unpolar</u>.</p>
27	05:10		<p>Der Dipolcharakter des Moleküls H<sub>2</sub>S ist daher sehr gering.</p>
28			<p>Beim Wasser-Molekül dagegen ist die Polarität stärker ausgeprägt. Es wird hier im Vergleich gezeigt.</p>
29	<p>?</p> <p>05:23</p>		<p><i>Begründe, warum Schwefelwasserstoff bei Raumtemperatur gasförmig vorliegt, während Wasser flüssig ist.</i></p>
30	<p>A</p> <p>05:32</p>		<p><i>Schwefelwasserstoff ist ein schwacher Dipol. Die Dipol-Dipol Wechselwirkungen zwischen Schwefelwasserstoff-Molekülen sind deshalb sehr gering.</i></p>

			<p><i>Bei Elementen der dritten Periode können keine Wasserstoffbrücken ausgebildet werden. So müssen nur die Kräfte zwischen den temporären Dipolen der Moleküle überwunden werden, um Schwefelwasserstoff in den gasförmigen Zustand zu überführen.</i></p>
--	--	--	---

31	05:58		<p><b>Kohlenstoffdioxid-Molekül</b></p> <p>Wir betrachten nun eine Kohlenstoff-Sauerstoff-Bindung im Kohlenstoffdioxid-Molekül.</p>
32	06:11		<p>Hier sehen wir die Werte für die Elektronegativitäten von Kohlenstoff und Sauerstoff und die räumliche Geometrie des Kohlenstoffdioxid-Moleküls.</p>
33	<p>?</p> <p>06:19</p>		<p><i>Diskutiere, ob hier ein Molekül mit Dipolcharakter vorliegt.</i></p>
37	<p>A</p> <p>06:29</p>		<p>1) Die Bindung ist polar, da <math>\Delta EN</math> 1.0.</p> <p>2) Aufgrund der entgegengesetzten Richtung der polaren Bindungen weist das Molekül nach außen hin kein Dipolmoment auf.</p> <p>--&gt; Es liegt kein Dipol vor.</p>

42	 06:52		<p><b>Methan-Molekül</b></p> <p><i>Erläutere kurz, welche Wechselwirkungen zwischen Methan-Molekülen vorkommen.</i></p>
43	 07:02		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Das Molekül besitzt kein Dipolmoment.</i></li> <li>- <i>Lediglich durch die Bewegung der Bindungselektronen kommt es zur Ausbildung temporärer Dipole.</i></li> <li>- <i>Nur diese Kräfte werden wirksam.</i></li> </ul>
44	07:25		<p>Die Animation zeigt nochmal im Detail, warum beim Methan-Molekül <u>nur Kräfte zwischen temporären Dipolen</u> wirksam werden.</p> <p>Dazu betrachten wir eine einzelne Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung innerhalb des Methan-Moleküls.</p>
45	07:39		<p>Der Elektronegativitätsunterschied zwischen dem Kohlenstoffatom und dem Wasserstoffatom ist mit gerundet 0,4 gering.</p>

46	07:46		<p>Die Atombindung zwischen einem Kohlenstoffatom und einem Wasserstoffatom ist nur <u>schwach polar</u>.</p>
47	07:54		<p>Die Wasserstoffatome sind außerdem <u>tetraedrisch</u> angeordnet. Diese symmetrische Verteilung führt dazu, dass sich die Polaritäten der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen <u>aufheben</u>.</p>
48	08:02		<p>Das Molekül besitzt nach außen hin <u>kein Dipolmoment</u>.</p>
49	08:11		<p>Wir betrachten nun noch die Verteilung der Ladungen im Molekül, wenn sich mehrere Moleküle nähern.</p>
51	08:17		<p>Lediglich durch die Bewegung der Bindungselektronen kommt es hier zur Ausbildung <u>spontaner Dipole</u>. Methanmoleküle ziehen sich deshalb kurzzeitig an- beziehungsweise -stoßen sich kurzzeitig ab.</p>



Die Animation „Wechselwirkungen“ erscheint auf [www.chem2do.de](http://www.chem2do.de).

**CHEM2DO®** ist ein kostenloser Experimentierkoffer der Wacker Chemie AG:

- 8 Experimente zu Siliconen & Cyclodextrinen
- Lehrerhandreichung (Versuchsanleitungen, Aufgaben, fachlich-didaktische Hintergrundinformation)
- Gefährdungsbeurteilung
- Chemikalien (Grundausrüstung, kostenlose Nachbestellung)

**Sie bekommen den Koffer kostenlos nach einer Fortbildung.**

Termine finden Sie hier: [www.chem2do.de](http://www.chem2do.de) > Koffer > Fortbildung

Dank:

Die Animation „Wechselwirkungen“ entstand in enger Zusammenarbeit mit den Didaktikpartnern des Wacker-Schulversuchskoffers.

[www.chem2do.de](http://www.chem2do.de) > Animationen > Wechselwirkungen (Stand 26.03.2020)

Universität Wuppertal: Prof. Dr. Claudia Bohrmann-Linde, Prof. Dr. Michael Tausch (em.)  
LMU München: Dr. Kristina Hock