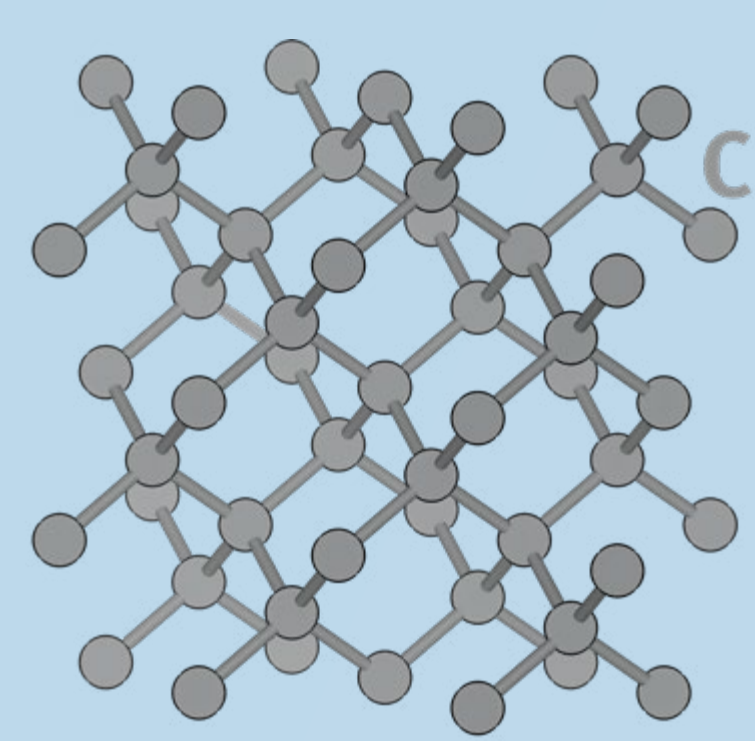
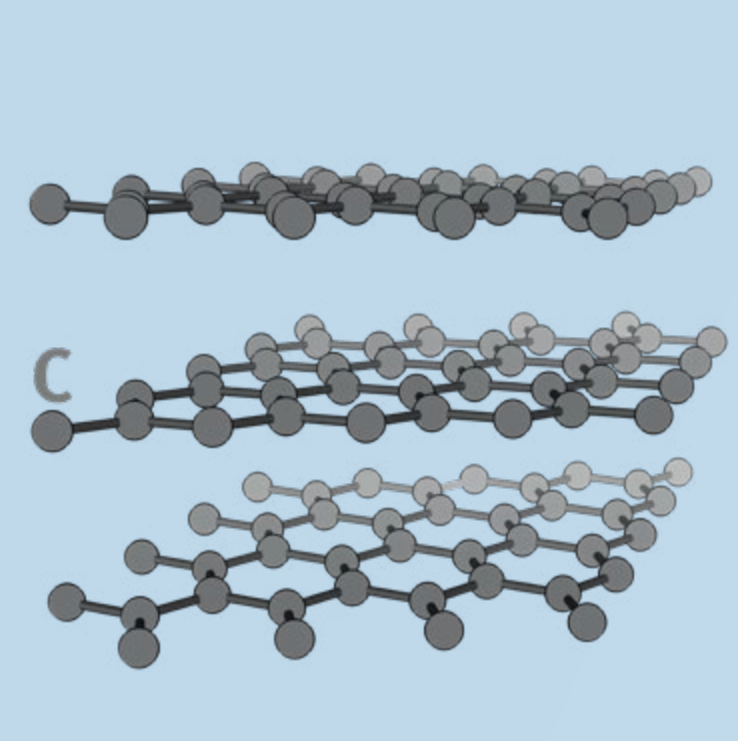
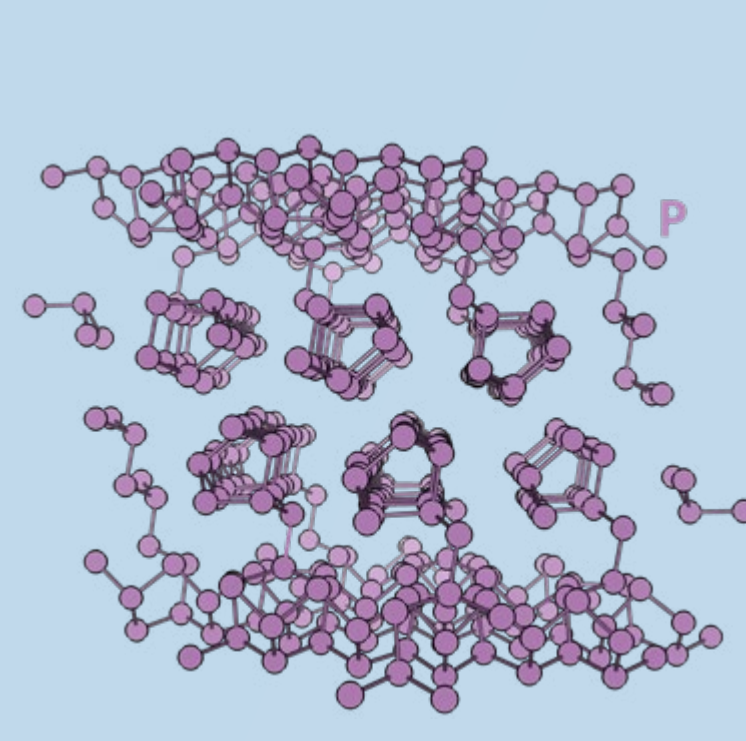
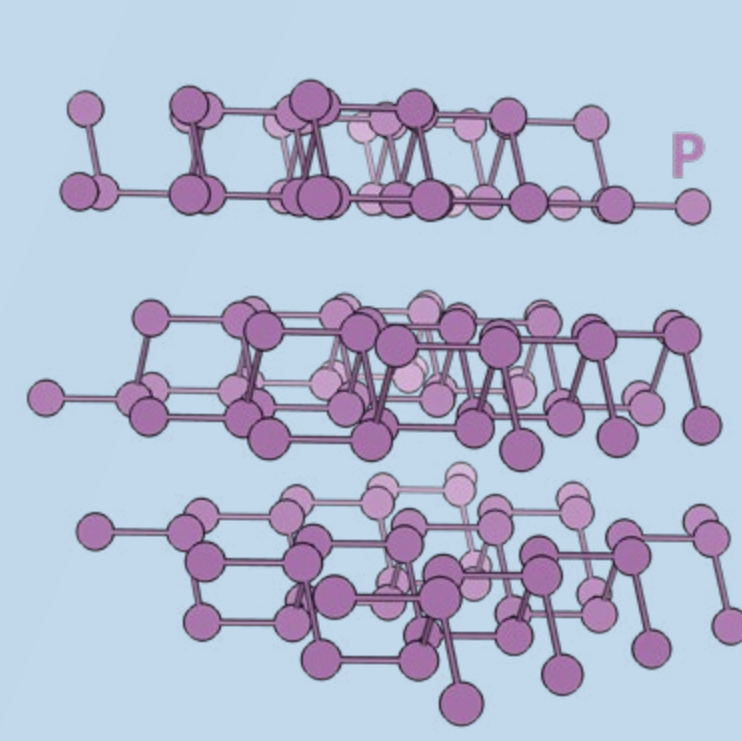


DAMALS *Entdeckung des Hittorf-Phosphors*

Abb. 32 **Diamant**

alle Abbildungen © Daniel Wigger

Abb. 33 **Graphit**Abb. 34 **Hittorf-Phosphor**Abb. 35 **Schwarzer Phosphor**

Chemische Elemente können sich in verschiedenen dreidimensionalen Anordnungen zu Kristallen verbinden, die dann vollkommen unterschiedliche Eigenschaften haben. Ein bekanntes Beispiel ist Kohlenstoff, der sowohl als Diamant (Abb. 32) transparent und hart, aber auch als Graphit (Abb. 33) schwarz und weich vorkommen kann. Diamant ist hart, weil die Atome in allen drei Dimensionen stark verbunden sind. Im Gegensatz dazu, liegen beim Graphit gestapelte Schichten vor.

Diese unterschiedlichen Materialformen nennt man Allotropen. Hittorf hat sich mit Allotropen von Selen und Phosphor beschäftigt. Nach ihm ist die violette Phosphor-Allotropie als

Hittorf-Phosphor (Abb. 34) benannt. Er hat 1865 als erster dieses Material hergestellt und beschrieben. Die Kristalle entstehen, wenn roter Phosphor mehrere Tage auf über 530°C erhitzt wird. Dieser Hittorf-Phosphor hat die in Abbildung 34 gezeigte komplexe Kristallstruktur.

1914 wurde von Percy W. Bridgman der schwarze Phosphor (Abb. 35) entdeckt. In seiner Arbeit nimmt er explizit Bezug auf Hittorf-Phosphor. Es stellt sich heraus, dass der schwarze Phosphor ein Halbleiter und sein Kristall in Schichten aufgebaut ist, die nur zwei Atome dick sind (Abb. 35). Schwarzer Phosphor gehört damit zu den 2D Schichtmaterialien.

HEUTE *2D-Schichtmaterialien* (Physikalisches Institut)

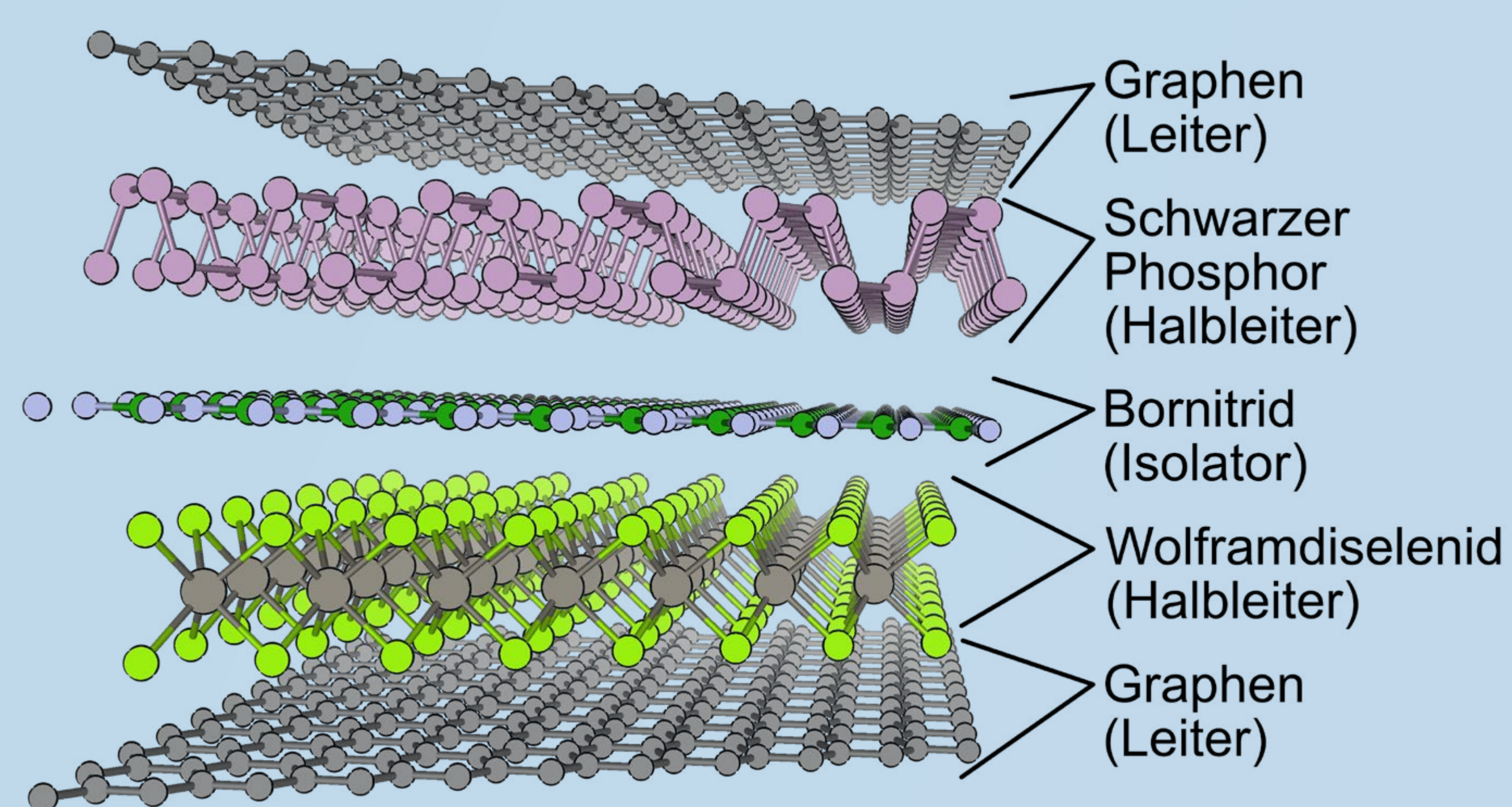
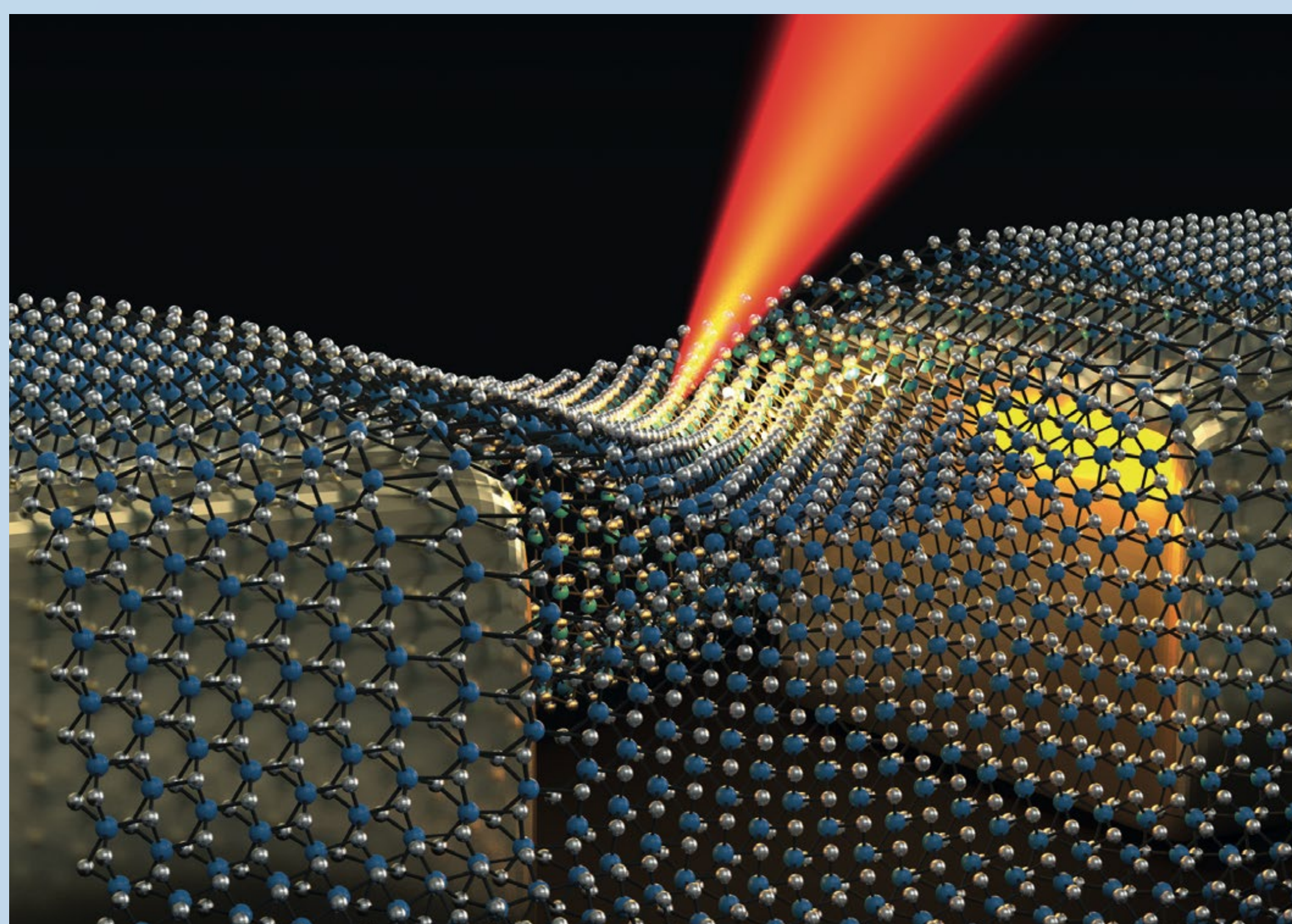


Abb. 36 Schemabild eine Stapels von verschiedenen 2D-Schichtmaterialien

Materialien wie Graphit werden schon lange als Schmiermittel eingesetzt, wobei ihr geschichteter Kristallaufbau zu den ausgezeichneten Gleiteigenschaften führt. In der Forschung erleben diese Schichtmaterialien nach der Untersuchung einer einzelnen atomar dünnen Schicht von Graphit, dem sogenannten Graphen (Nobelpreis 2010 in Physik), eine Revolution. Graphen hat metallische Eigenschaften und ist ein guter elektrischer Leiter. In der Folge wurden weitere Materialien untersucht, die nur wenige Atome dick sind. Kristalle wie Molybdänit und Wolframdiselenid sind Halbleiter (siehe Poster 5). Aber sie können nur als einzelne 2D-Schicht Licht erzeugen. Ab zwei Lagen sind sie dunkel. Andere Materialien wie Bornitrid haben isolierende Eigenschaften.

Obwohl diese Schichten nur wenige Atome dick sind, las-

Abb. 37 Schemabild einer Quantenlichtquelle in Wolframdiselenid
© AG Bratschitsch, Adv. Mater. 28, 7101-7105 (2016)

sen sie sich aufeinanderstapeln. Dadurch können künstliche Materialien hergestellt werden, die in der Natur nicht vorkommen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für technologische Anwendungen, da verschiedenste Eigenschaften von Materialien auf den aller kleinsten Skalen kontrolliert und kombiniert werden können. Das Schemabild in Abbildung 36 zeigt einen Stapel aus verschiedenen Materialien.

An der Universität Münster wird unter anderem zu den optischen Eigenschaften von 2D-Schichtmaterialien geforscht. Dabei wurden Pionierarbeiten zur Erzeugung von einzelnen Licht-Quanten (Photonen) mit diesen Materialien geleistet. Abbildung 37 zeigt schematisch die Erzeugung einer Quantenlichtquelle durch gezielte Verformung einer einzelnen Schicht Wolframdiselenid.