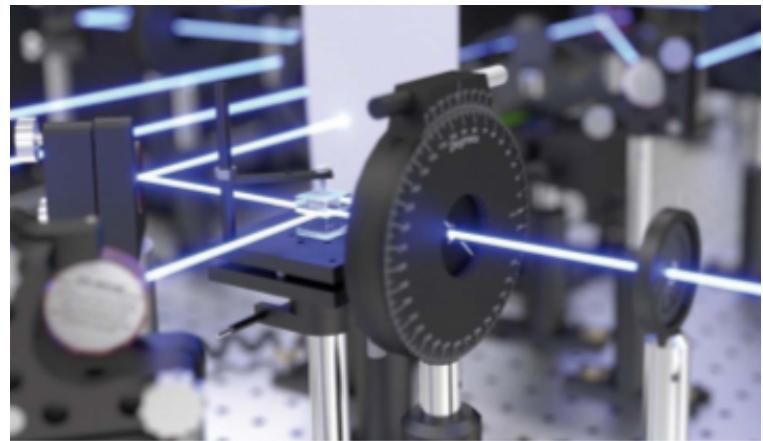


Master-Thesis Project: Time-resolved magneto-optical investigation of spin and valley physics in 2D heterostructures

One of the long-term objectives of our research is to incorporate the spin degree of freedom of charge carriers into electronic devices. This enables a completely new class of electronics, the so-called spintronics [1].

In recent years, two-dimensional (2D) materials like graphene or monolayers of transition metal dichalcogenides (TMDs) have shown to have the potential to outperform conventional spintronic materials such as silicon and gallium arsenide (the latter two are the backbone of modern semiconductor electronics).



As direct band gap semiconductors, monolayers of TMDs allow an interesting and promising extension for the family of 2D materials. They fill the gap between the zero band gap, high mobility graphene and the insulating hexagonal boron nitride, which paves the way for advanced devices with tailored physical properties by means of so-called van-der-Waals heterostructures [1].

The unique feature of TMDs within the class of 2D materials consists of their large valley-dependent spin-orbit splitting. Combined with optical selection rules, this enables valley-selective optical excitation of spins. We exploit this unique feature to investigate the TMDs' spin and valley dynamics by optical pump-probe experiments of the time-resolved Kerr rotation (TRKR) [2].

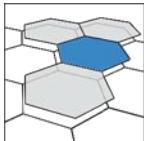
As a Master student you will participate in the fabrication of such TMD-based heterostructures. This includes the exfoliation of 2D materials, their transfer and the assembly into 2D-heterostructures. Thereafter, you will conduct some of the following experiments in our well-equipped laser lab:

- 1) Time-resolved Kerr rotation measurements in the ps to ns regime done with two wavelength tunable, pulsed laser systems.
- 2) Measurements of temperature and helicity resolved photoluminescence done with a continuous wave laser system and spectrometer.
- 3) Time-resolved measurements of spin dependent photocurrents.

Contact: Dr. Bernd Beschoten (bernd.beschoten@physik.rwth-aachen.de).

[1] "Van der Waals heterostructures", Nature 499, 419 (2013) (freely accessible within the RWTH net)

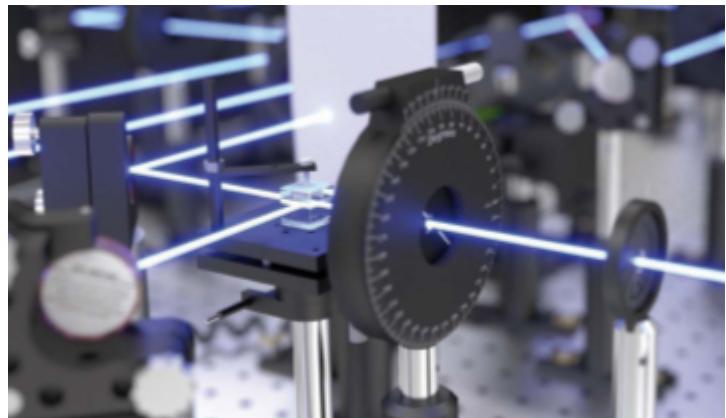
[2] "Unveiling valley lifetimes of free charge carriers in monolayer WSe₂", Nano Lett. 20, 3147 (2020) (freely accessible within the RWTH net)



Master-Arbeit: Zeitaufgelöste, magneto-optische Untersuchung der Spin- und Valley-Physik in 2D-Heterostrukturen

Eines der langfristigen Ziele unserer Forschung ist es, den Spin-Freiheitsgrad von Ladungsträgern in elektronische Schaltungen zu integrieren. Dies ermöglicht eine völlig neue Klasse an Elektronik, die sogenannte Spintronik.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass zweidimensionale (2D) Materialien wie Graphen oder atomare Monolagen aus Übergangsmetall-Dichalkogeniden (TMDs) das Potential haben, herkömmliche Spintronik-Materialien wie Silizium und Galliumarsenid (die beiden letzteren bilden das Rückgrat der modernen Halbleiterelektronik) zu übertreffen.



Als direkte Bandlücken-Halbleiter bilden Monolagen aus TMDs eine interessante und vielversprechende Erweiterung der Familie der 2D-Materialien. Sie füllen die Lücke zwischen dem „zero-bandgap“ Graphen und dem isolierenden hexagonalen Bornitrid, was den Weg für fortschrittliche Bauelemente mit maßgeschneiderten physikalischen Eigenschaften durch sogenannte Van-der-Waals-Heterostrukturen ebnet [2].

Die Einzigartigkeit der TMDs innerhalb der Klasse der 2D-Materialien besteht in ihrer großen, valley-abhängigen Spin-Bahn-Aufspaltung. Kombiniert mit optischen Auswahlregeln ermöglicht dies eine selektive optische Anregung von Spins. Wir nutzen diese einzigartige Eigenschaft aus, um die Spin- und Valley-dynamik in den TMDs durch optische, zeitaufgelöste Kerr-Rotation zu untersuchen [3].

Als Master-Student werden Sie sich an der Herstellung solcher TMD-basierten Heterostrukturen beteiligen. Dies beinhaltet die Exfoliation von 2D-Materialien, deren Transfer und den Zusammenbau zu 2D-Heterostrukturen. Danach werden Sie einige der folgenden Experimente in unserem gut ausgestatteten Laserlabor durchführen:

- 1) Zeitaufgelöste Kerr-Rotation im ns-Bereich mittels zwei Wellenlängen-abstimmbaren, gepulsten Lasersystemen.
- 2) Temperatur- und Helizitäts-aufgelöste Photolumineszenz-Spektroskopie.
- 3) Zeitaufgelöste Messungen spinabhängiger Photoströmen.

Kontakt: Dr. Bernd Beschoten (bernd.beschoten@physik.rwth-aachen.de).

[1] “Van der Waals heterostructures”, Nature 499, 419 (2013) (frei abrufbar innerhalb des RWTH Netzes)

[2] “Unveiling valley lifetimes of free charge carriers in monolayer WSe₂”, Nano Lett. 20, 3147 (2020) (frei abrufbar innerhalb des RWTH Netzes)