

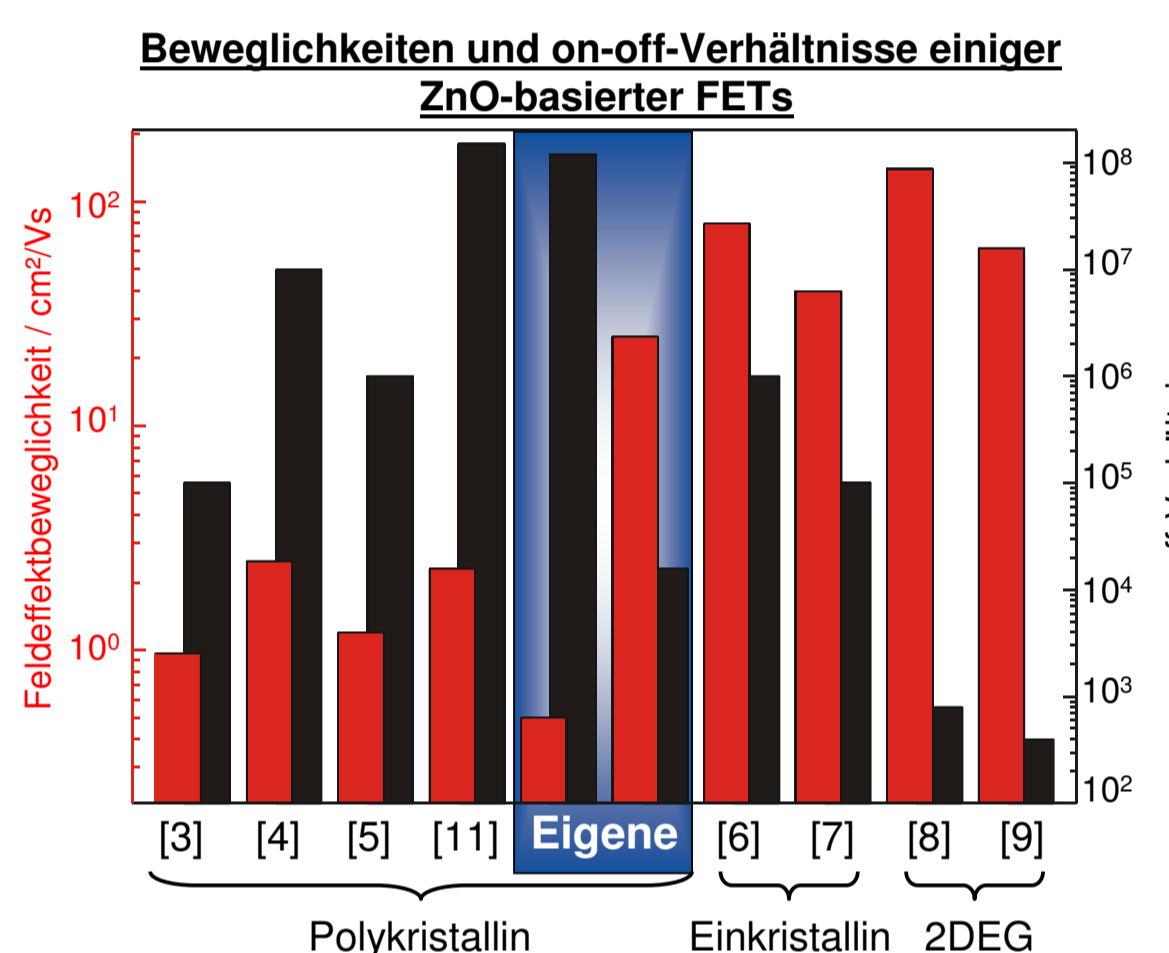


## ZUSAMMENFASSUNG

### Einfluß von Grenzflächeneigenschaften auf den lateralen Transport in transparenten oxidischen Feldeffektstrukturen

- Korrelation der makroskopischen elektrischen Parameter aus Kennlinienfeldern (I-V, C-V) mit mikroskopischen Transporteigenschaften aus  $\mu$ -Photolumineszenz und Kathodolumineszenz
  - Streumechanismen (Grenzflächen, strukturelle Defekte, Verspannungen, Punktdefekte)
- Prototyp: Feldeffekttransistor mit isolierendem Gate aus high-k-Dielektrika (MISFET) auf Basis von ZnO und ZnO-basierten Heterostrukturen (ZnO-ZnMgO-Quantentöpfe)
- Entwicklung von Bauelementen mit multiferroischen Eigenschaften durch Verwendung von Oxiden ohne (z.B.  $Al_2O_3$ ), mit (z.B. ZnMgO) sowie schaltbarer elektrischer Polarisation (z.B.  $BaTiO_3$ ) und ferromagnetischer halbleitender Oxide (z.B. ZnCoO)

## STAND DER FORSCHUNG



- zunehmendes Interesse an ZnO in transparenten aktiven Bauelementen (transparente Elektronik, z.B. Steuertransistor in LCD-Aktiv-Matrix-Displays) [1]
- polykristalliner ZnO-Kanal in Billig-Bauelementen ( $\mu \sim 1 \text{ cm}^2/Vs$ , on/off  $\sim 10^6$ )
  - Niedrig-Temperatur-Wachstum (PLD [3,11], ion beam bzw. rf-sputtering [4,5])
- einkristalliner ZnO-Kanal bzw. ZnO-basierte QW (2DEG) in Hoch-Qualität-Bauelementen
  - Hoch-Temperatur-Wachstum (solid-phase-epitaxy [6], MBE [8,9], Laser-MBE [7])

### ► bisher keine Forschung an multiferroischen Heterostrukturen in transparenten oxidischen FETs

- In gepulsten „time-of-flight“ (TOF) Messungen wurden erstmals 1951 Ladungsträgerbeweglichkeiten direkt gemessen [19, 20]
- ort-zeit aufgelöste Lumineszenzmessungen zum exzitonischen Transport in GaAs-Quantengraben [22, 23, 24, 25] und II-VI-Halbleitern [26, 27]
- TOF-Messungen zum mikroskopischen vertikalen Exzitonentransport durch bulk-ZnO [34]

### ► bisher keine optischen Untersuchungen zum lateralen Transport in ZnO-Heterogrenzflächen

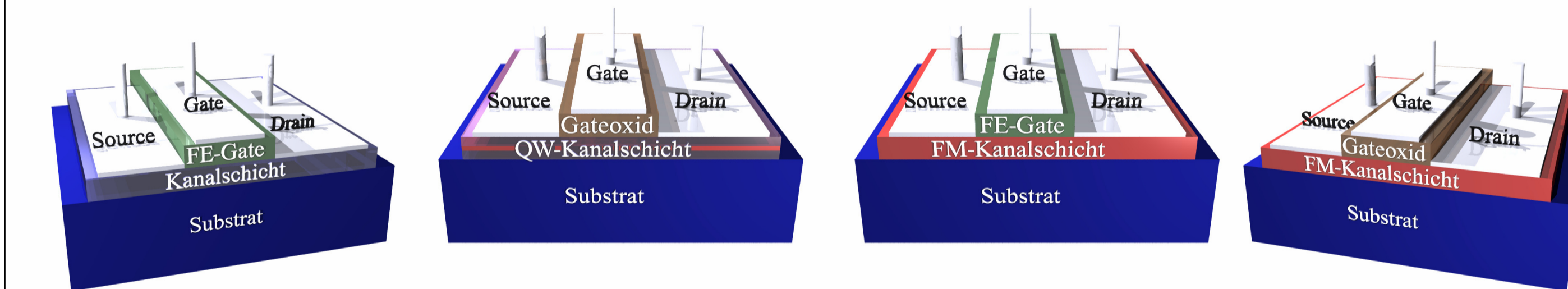
## ZIELE

### Aufbau von multifunktionalen multiferroischen FETs in Bottom-Gate- und Top-Gate-Geometrie aus transparenten Oxiden:



1. Leitend: ITO, ZnO:Al
2. Halbleitend: ZnO
3. Isolierend:  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $ZrO_2$ ,  $HfO_2$
4. Pyroelektrisch: ZnMgO
5. Ferroelektrisch:  $BaTiO_3$
6. Ferromagnetisch: ZnCoO

- Untersuchung der statischen und dynamischen makroskopischen Eigenschaften der Ladungsträger im Kanal, an Heterogrenzflächen und im Gateoxid mittels **elektrischer Methoden**
  - Spannungsabhängiges Banddiagramm, Beweglichkeiten in Ladungsträger-Gasen, Einfluss von Defekten und der Realstruktur des Bauelements
- Untersuchung des lateralen Transports von Ladungsträgern und Exzitonemittels **mikrooptischer Transportmessungen**
  - Ermittlung der beteiligten Streuprozesse (Phononen; Störstellen; Domängengrenzen; Rauigkeit, Polarisation, Dipolmomente der Heterogrenzfläche)
  - Korrelation der strukturellen (aus A2), elektrischen und optischen Untersuchungen mit der Züchtung der Heterostrukturen zur *Optimierung der für FETs wichtigen technischen Parameter* (schnelles Antwortverhalten, hohes on-off-Verhältnis, kleine Betriebsspannungen, normally-on/off)



## METHODEN

### Wachstum in Teilprojekt A2

- Gepulste Laser Abscheidung (PLD), Laser Molekularstrahlepitaxie (Laser-MBE)

### Strukturelle Charakterisierung

- Sekundärelektronenmikroskopie (SEM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

### Prozessierung

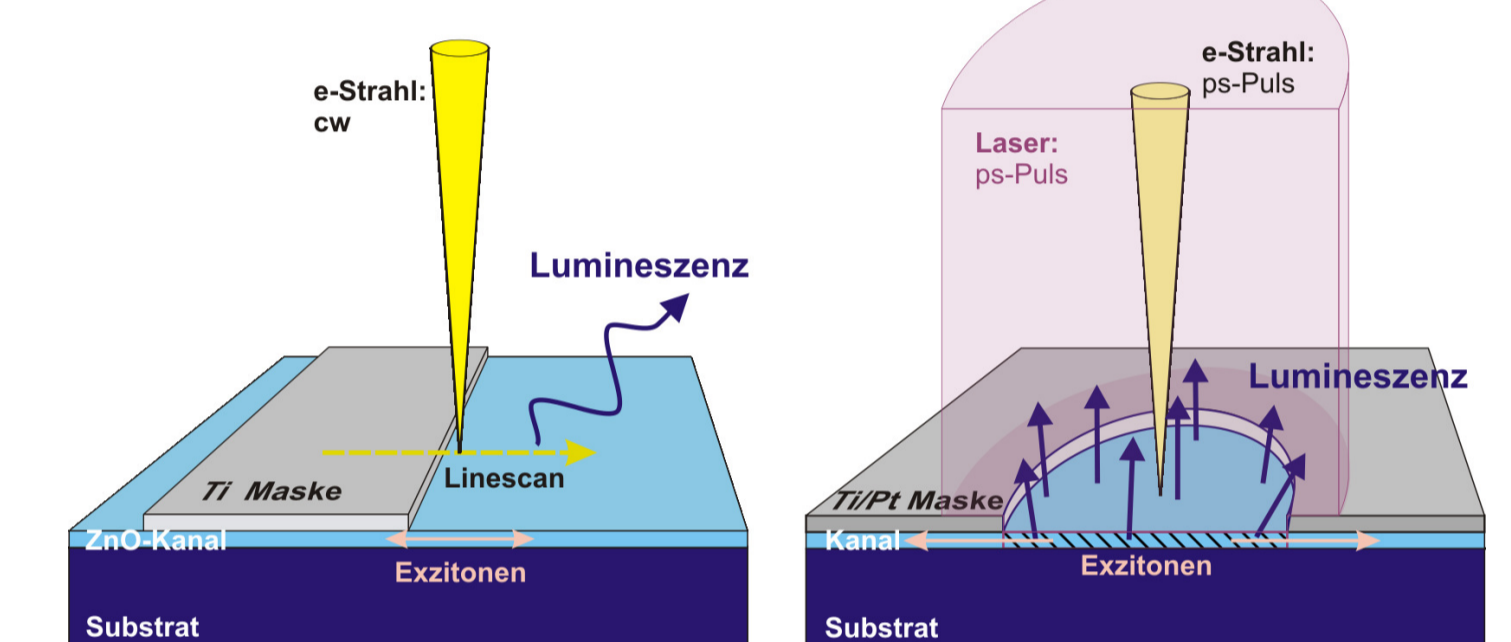
- Sputtern, Metallaufdampfung, Elektronenstrahlverdampfer
- Photolithographie, nasschemisches Ätzen, Plasmaätzen der Schattenmasken
  - elektrische Kontaktierung - Bauelementaufbau

### Elektrische Charakterisierung (L)

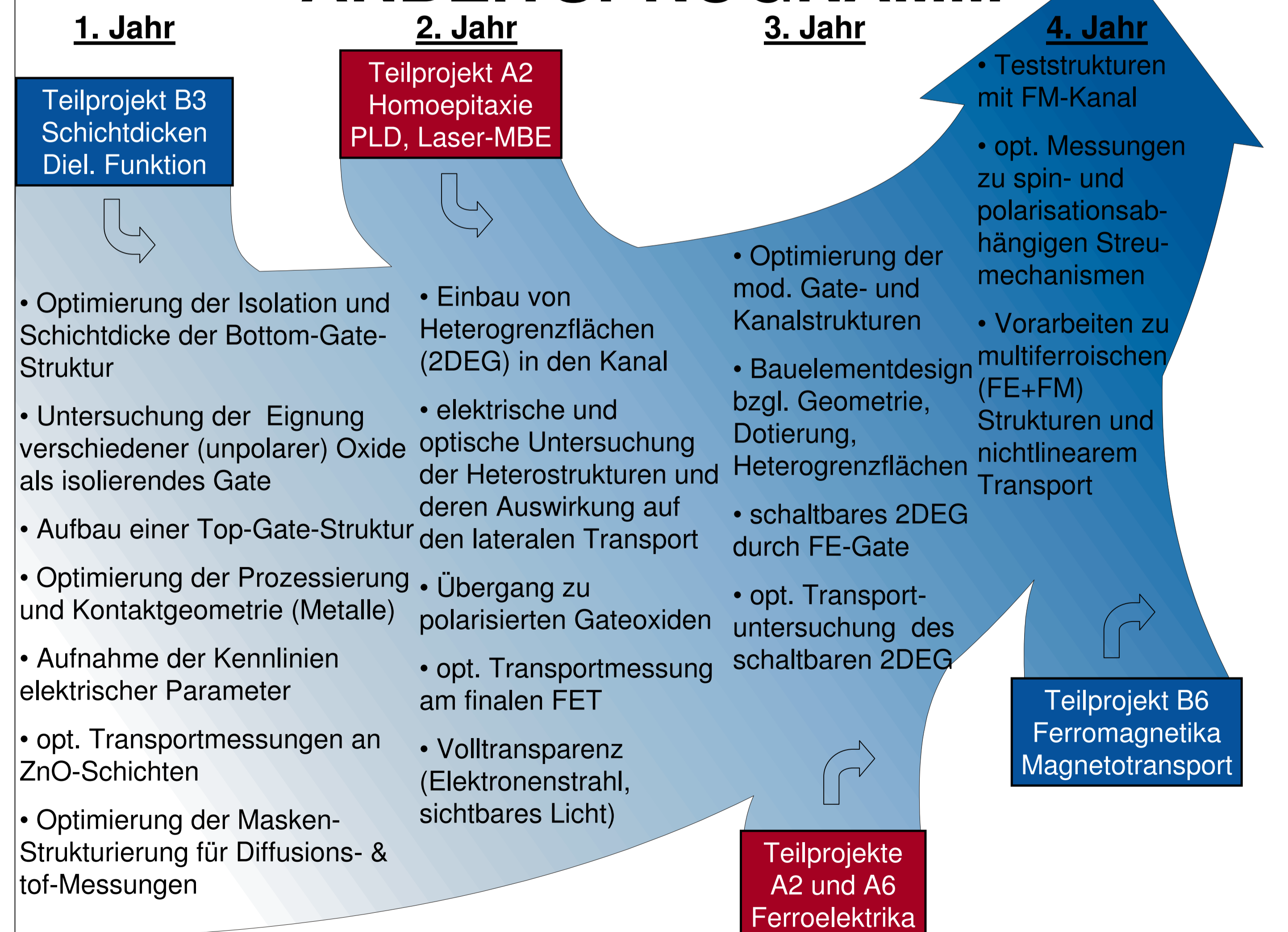
- stationäre Strom-Spannungsmessung (I-V), Waferprober
- Kapazitäts-Spannungsmessung (C-V), Admittanz  $C(\omega)$ , Transientenspektroskopie Tiefer Störstellen (DLTS)
  - Halleffekt
- Atomare-Kraft-Mikroskopie (AFM), Magnetkraft-Mikroskopie (MFM), Raster-Oberflächenpotential-Mikroskopie (SSPM), Raster-Kapazitäts-Mikroskopie (SCM)

### Optische Charakterisierung (MD)

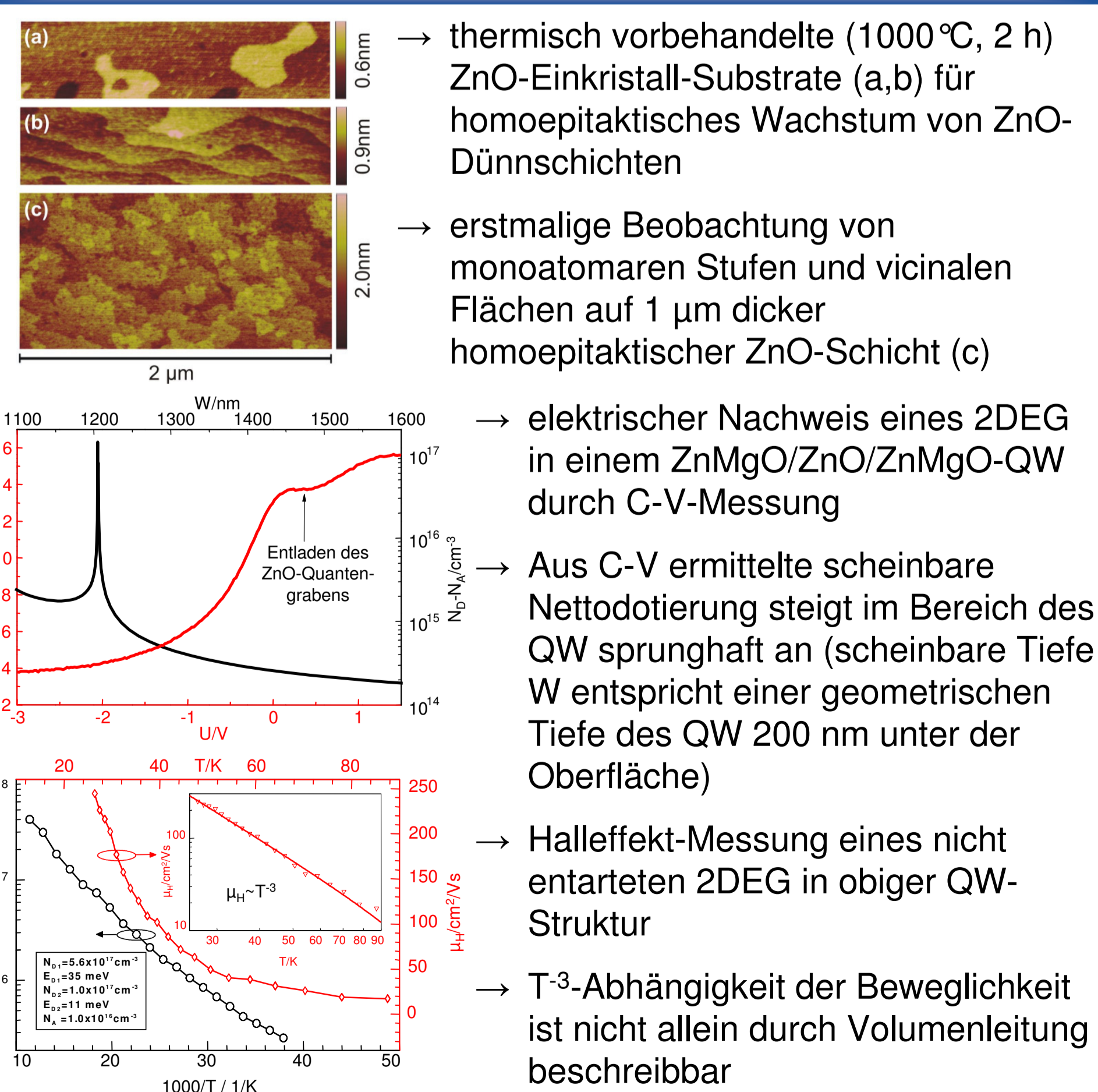
- Elektronenstrahlinduzierter Transport (EBIC), Laserstrahlinduzierter Photostrom (LBIC)
- Ort-zeit-aufgelöste Kathodo-/ Photolumineszenz: laterale Diffusion, Flugzeitmessungen (tof)



## ARBEITSPROGRAMM

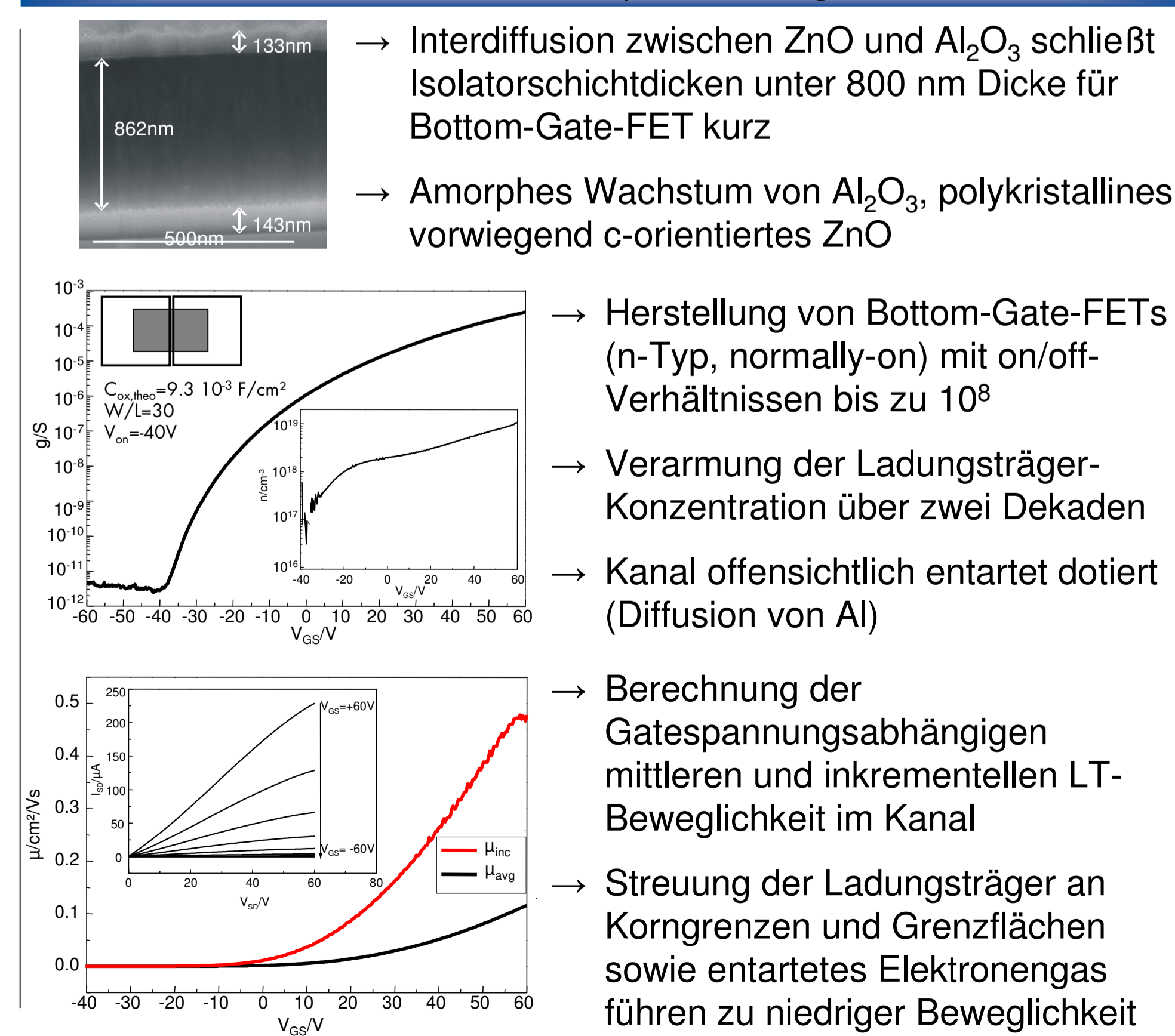


### Grenzflächengebundene Ladungsträger

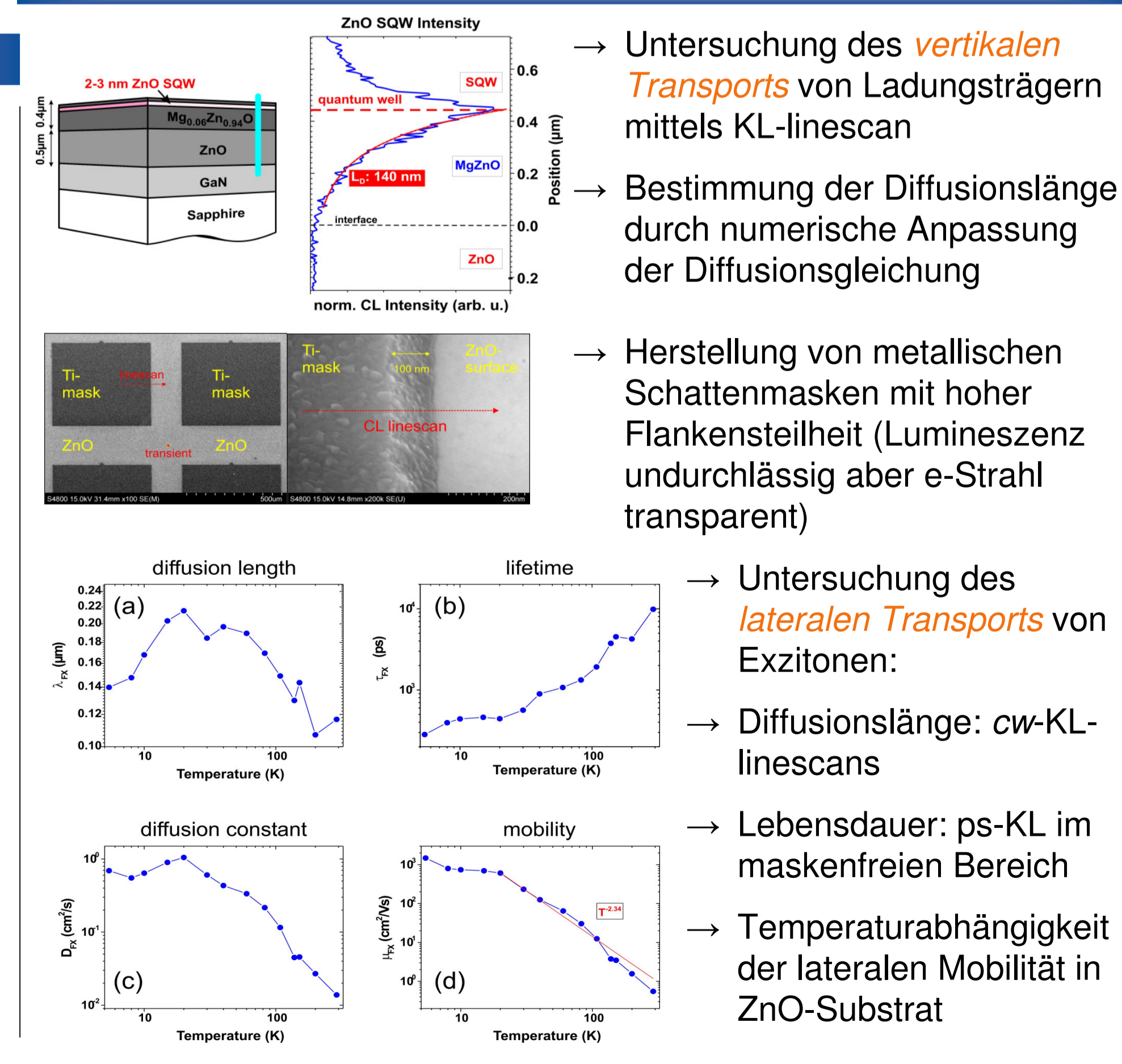


## EIGENE VORARBEITEN

### Elektrische Transportmessungen



### Optische Transportmessungen



## ZUSAMMENARBEIT IM SFB

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----