

# Entwicklung & Evaluation von Unterstützungsmaterialien für Theoretische Physik

### Ausgangslage

- Theoretische Physik: Verlangt hohes mathematisches Abstraktionsvermögen & wird als besonders schwer empfunden (Liu & Sun, 2010)
- Häufig genannter Abbruchgrund des Physikstudiums (Albrecht, 2011)
- Bisher keine Untersuchungen von Problemlöseprozessen & keine Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Unterstützungsmaterialien zur Förderung von Problemlösefähigkeiten in Theoretischer Physik

### Projektziele und Forschungsfragen

- Entwicklung & Evaluation passgenauer (digitaler) Selbstlernmaterialien zur Förderung von fachspezifischen Problemlösefähigkeiten (Friege, 2001) in der Theoretischen Physik
- Welche Schwierigkeiten & Herausforderungen beim Problemlösen in Theoretischer Physik lassen sich aus der Analyse von Problemlöseprozessen von Physikstudierenden der Universität Paderborn identifizieren?
- Bewirkt die Nutzung der entwickelten Unterstützungsmaterialien bei den Studierenden im Laufe des Semesters eine Erhöhung der Problemlösefähigkeiten?

### Methodischer Ansatz

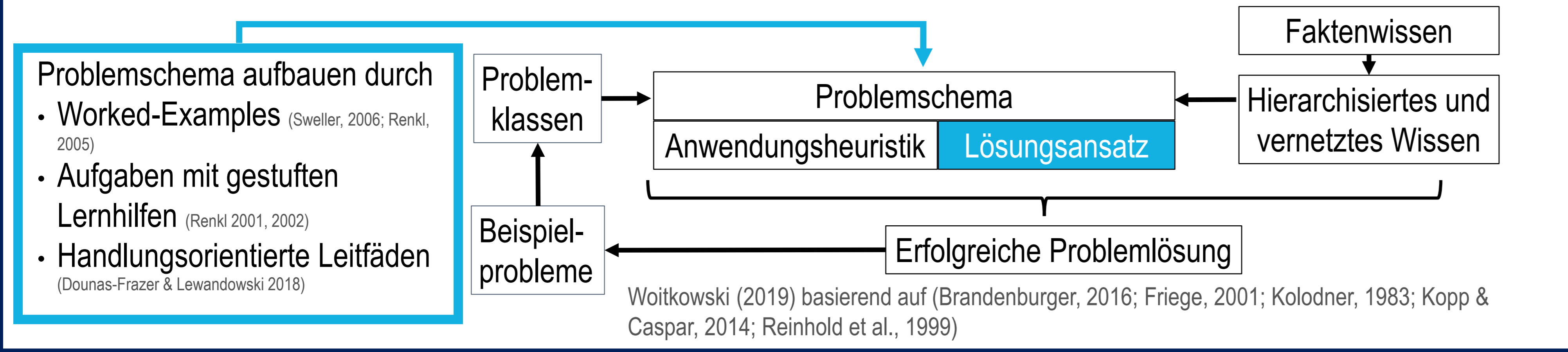
**Design-Based Research** (Wilhelm & Hopf 2014)  
 Erwarteter Theorieertrag: Konstruktions- & Gelingensbedingungen für die Entwicklung von Unterstützungsmaterialien

**Mixed-Methods-Design:** Triangulation qualitativer & quantitativer Daten (Mayring, 2001)  
 Komplexere Einblicke und Erhöhung der Interpretierbarkeit & Validität der Ergebnisse

Evaluationsstufen nach Kirkpatrick (1959):  
 Learning  
 • Problemlöseleistung (Problemlösetest)  
 • Selbstwahrgenommener Lernerfolg (Gruppendiskussion & Fragebogen)  
 • Klausurergebnisse  
 Reaction  
 • Nutzungs- und Zufriedenheitswerte (Fragebogen & Gruppendiskussionen)

## Design Unterstützungsmaterialien

### Inhaltliche Gestaltungsprinzipien

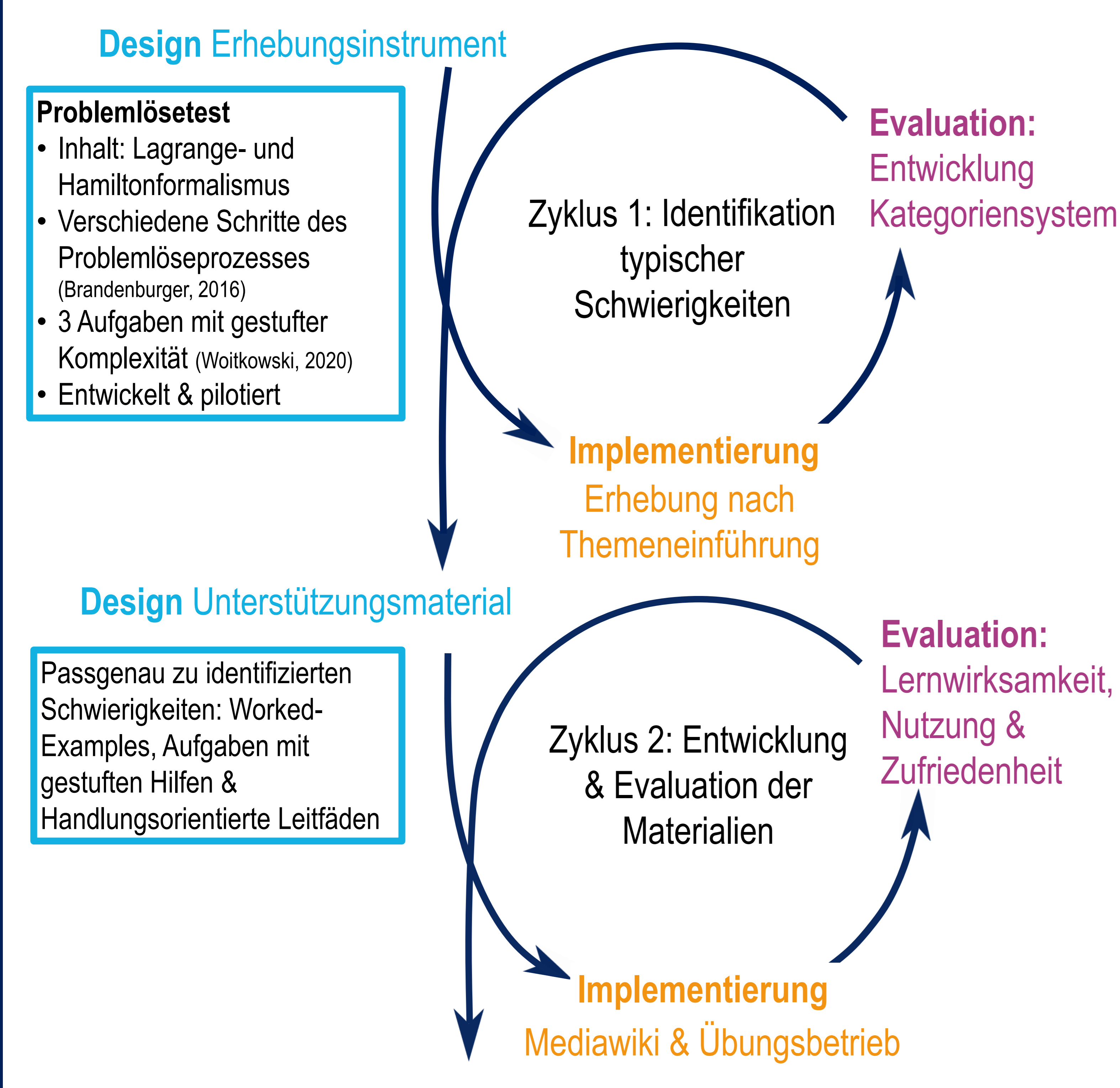


### Didaktische Gestaltungsprinzipien

Adressierung des heterogenen Fähigkeitsniveaus der Studierenden und Unterstützung bei der Selbstregulation durch:

- Komplexitätsstufung & verschiedene Schwierigkeitsgrade
- Transparente Anforderungsniveaus
- Hilfestellung nach individuellem Bedarf
- Überprüfung des Lernstandes durch Selbsttests

## Studiendesign DBR



### Erhebung in Übungsgruppen (Lösungsprotokolle, N=16)

**Kategorienbildung**  
 Deduktiv festgelegte Kategorien auf Basis von Friege (2001): (F), (M), (MM) (MR)

**Interrating**  
 Krippendorff's  $\alpha=0.86$  (Krippendorff, 2011)

**Ergebnisse: Wesentliche Schwierigkeiten**  
 Lösungsansatz gelingt nicht aufgrund von:

- Defiziten im Fachwissen: Verständnis von Konzepten des Lagrange-Formalismus & potentieller Energie
- Fehler beim Mathematisieren: Bestimmung von Ortsvektoren & Zwangsbedingungen

Hauptkategorie	Subkategorie
<b>Physikalisches Fachwissen (F)</b>	Potentielle Energie bestimmen (FP)
	Generalisierte Koordinaten verwenden (FG)
	Zwangsbedingungen aufstellen (FZ)
	Lagrangefunktion (FL)
	Sonstiger physikalischer Fehler (FS)
<b>Mathematik (M)</b>	Mathematisierung (MM)
	Rechnen (MR)
<b>Unvollständige Bearbeitung (U)</b>	Teilweise unvollständig (TU)
	Komplett unvollständig (KU)

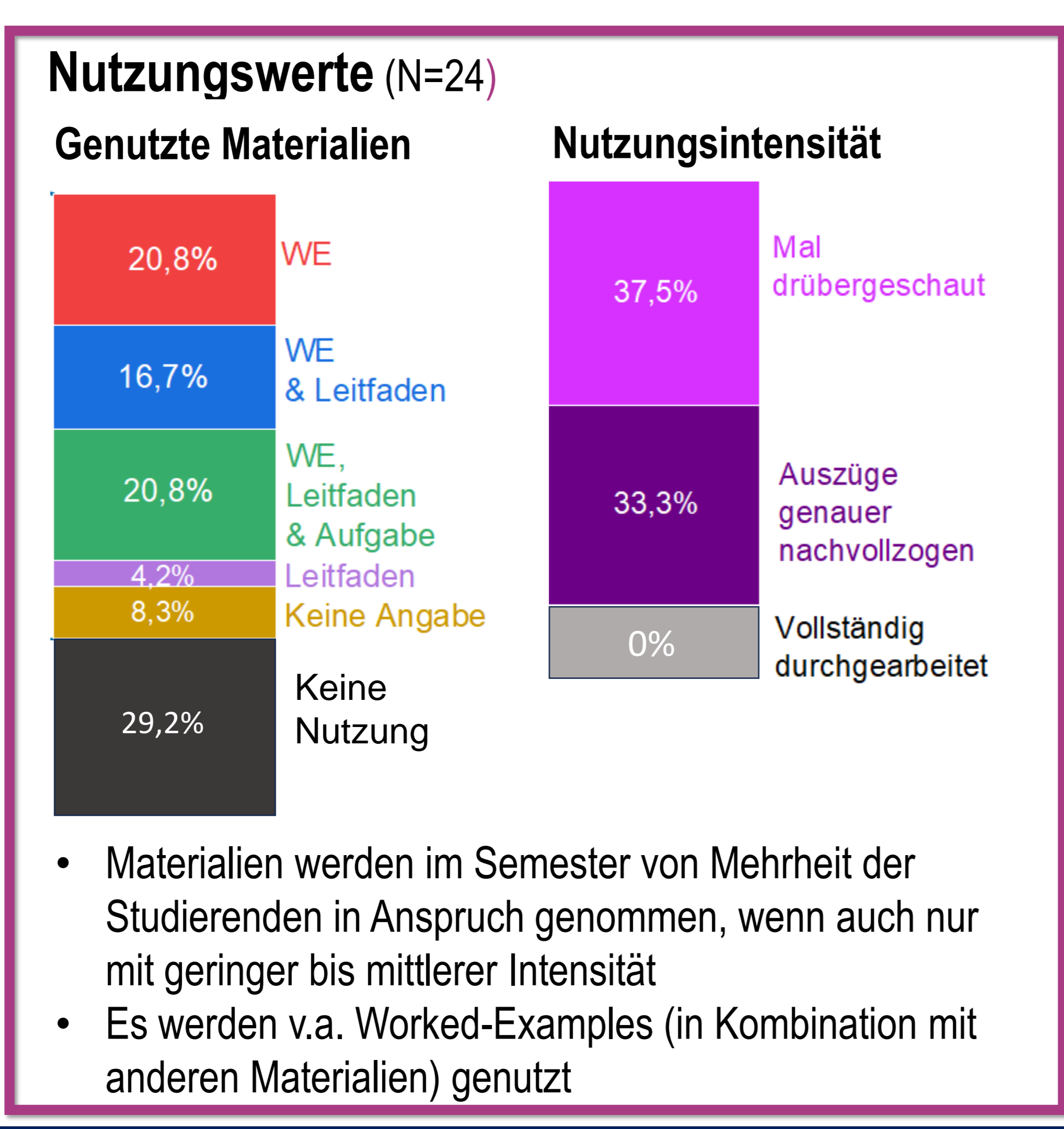
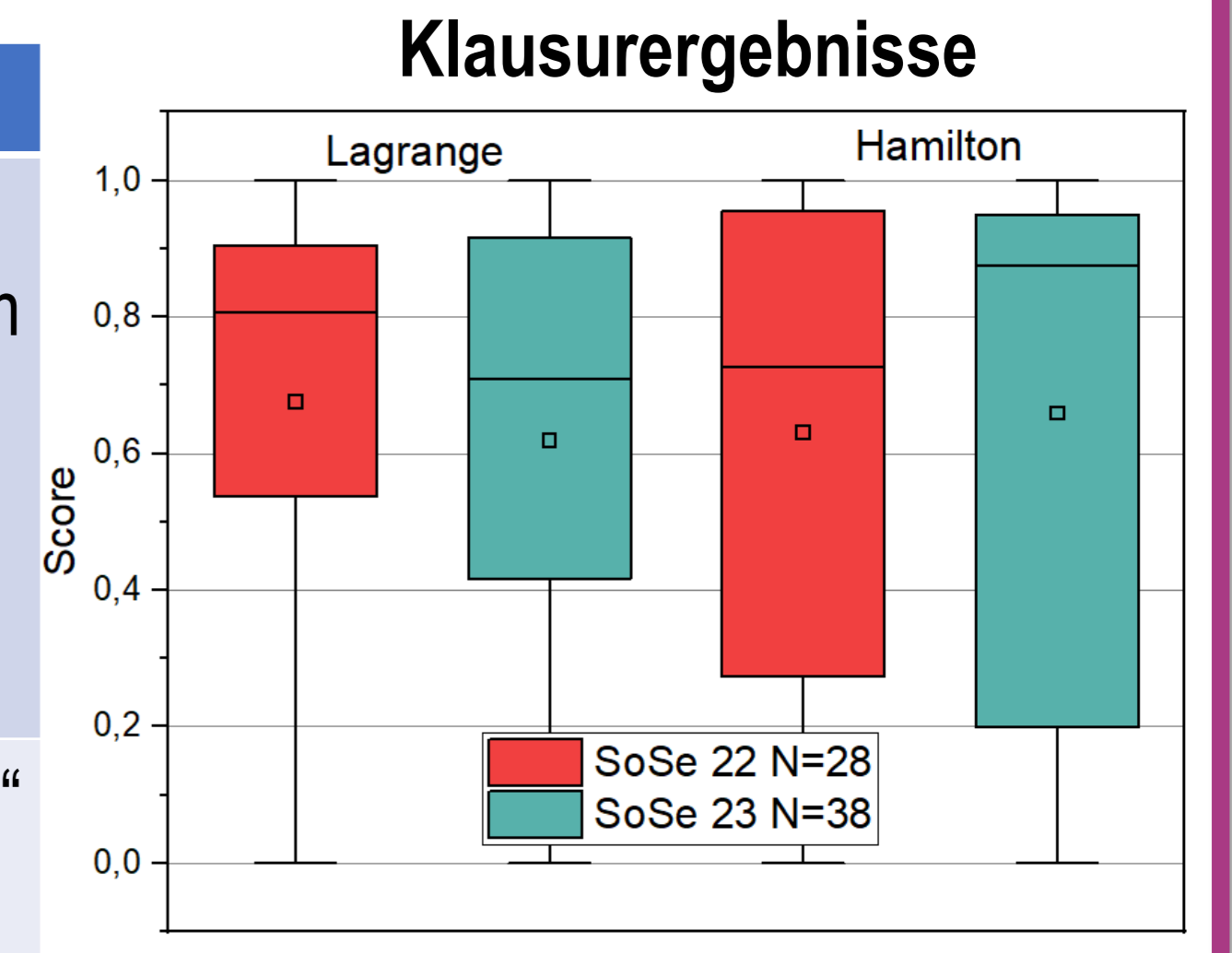
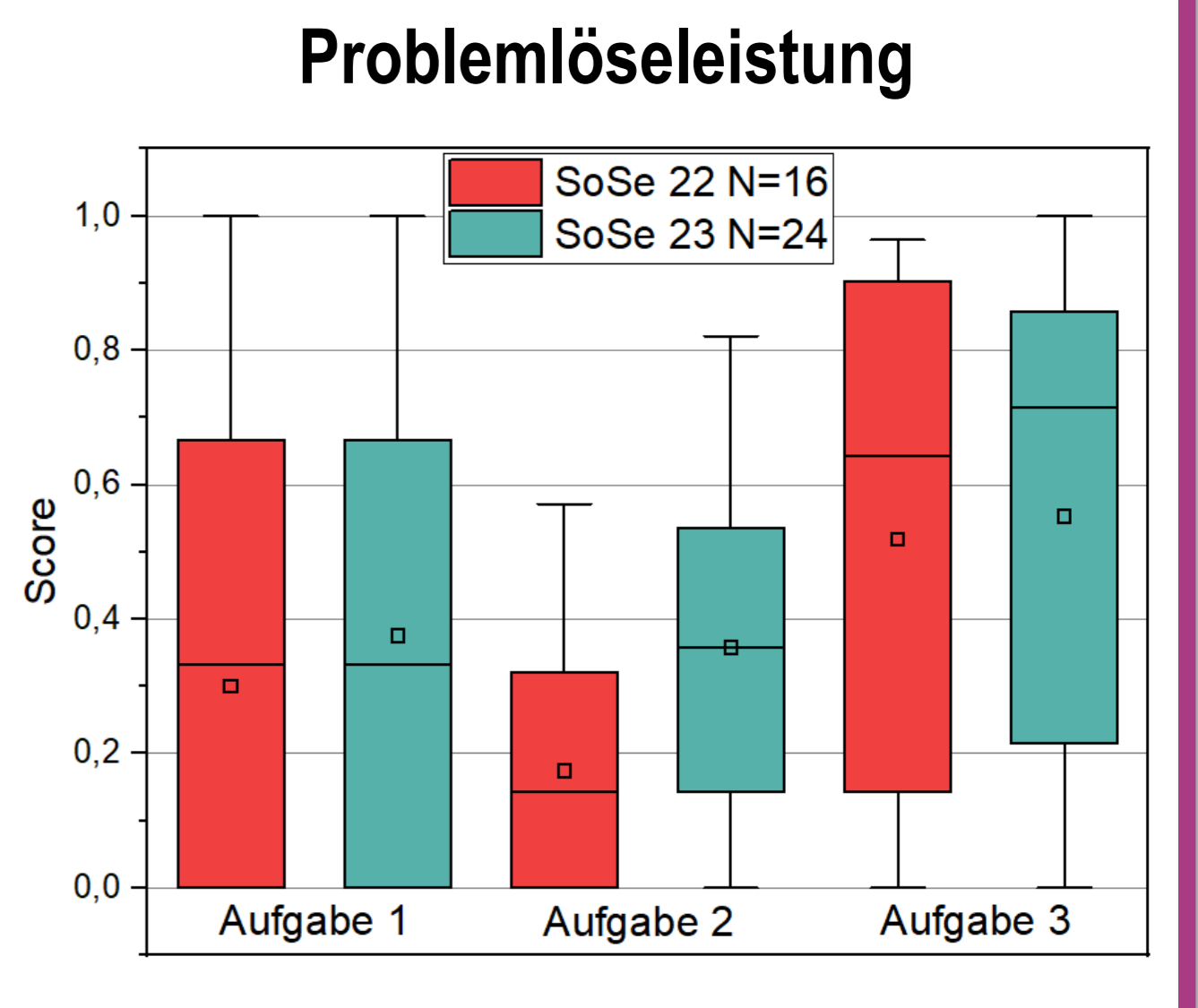
### Erste Hinweise Lernwirksamkeit

**Fragebogen (Selbsteinschätzung)**  
 Items auf Likert-Skalen (N=13) und offene Frage (N=1)  
 1 - trifft überhaupt nicht zu, 4 - trifft voll zu

Item	MW	SD
Ich finde die Materialien hilfreich. (N=19)	3,47	0,67
Durch die Nutzung der Materialien habe ich den Lagrange-/Hamiltonformalismus besser verstanden. (N=17)	3,12	0,92

**Gruppendiskussionen (N=5)**

Material	Wie genutzt?	Wie hilfreich?
WE	Nachvollzogen/antizipatorisch/als Leitfaden beim eigenständigen Lösen	„Wird genau erklärt, was man da macht und warum man das macht.“[...] weil das hört so Mitte des Semesters auf.“
L	Nachvollzogen/Anhand WE nachvollzogen/abgeschrieben	„Das war wirklich hilfreich“ „Super. Also damit komme ich echt gut klar.“



- Materialien werden von den Studierenden als hilfreich eingeschätzt
- Kohorten zeigen Unterschied bzgl. Problemlöseleistung bei Aufgabe 2 (hier wurde insbesondere Mathematisierung als Schwierigkeit identifiziert), jedoch kein messbarer Unterschied bei anderen Aufgaben & Klausurergebnissen
- Hinweis, dass die Materialien die Schwierigkeiten beim Mathematisieren, jedoch nicht die fachlichen Defizite wirksam adressieren → Vermutung: Intensive Nutzung erst zur Klausurvorbereitung
- Ausblick: Analyse der Tiefenstruktur der Lösungsprozesse mithilfe des Kategoriensystems, um weitere Aussagen über Qualität der Lösung & Wirksamkeit der Materialien zu erhalten