

# Zusammenfassung

Das Thema der vorliegenden Dissertation ist die physikalische Charakterisierung von Asteroiden, wobei das Hauptaugenmerk auf der thermischen Trägheit erdnaheer Asteroiden (NEAs) liegt. Thermische Trägheit bestimmt die Stärke des Yarkovsky-Effekts, eines nicht-gravitativen Effekts der die Umlaufbahnen kleiner Asteroiden mit Durchmessern bis zu  $\sim 20$  km maßgeblich beeinflusst. Für die Einschätzung des mit Erdeinschlägen von NEAs verbundenen Risikos ist der Yarkovsky-Effekt wesentlich. Allerdings war über die thermische Trägheit kleiner Asteroiden, insbesondere von NEAs, bislang nur sehr wenig bekannt.

Beobachtungen und theoretische Arbeiten wurden durchgeführt. Die thermische Emission von Asteroiden wurde im mittleren infraroten Wellenlängenbereich ( $5 - 35 \mu\text{m}$ ) beobachtet. Diese Beobachtungen wurden mit dem „Spitzer Space Telescope“ und dem 3,0 m Infrarotteleskop der NASA (IRTF) durchgeführt, darunter die ersten von Berlin aus ferngesteuerten IRTF-Beobachtungen. Ein detailliertes thermophysikalisches Modell (TPM) wurde entwickelt und intensiv getestet; dies ist das erste TPM, dessen Anwendbarkeit auf NEAs gezeigt wurde.

Unser Hauptergebnis ist die Bestimmung der thermischen Trägheit von 5 NEAs; die Gesamtzahl der NEAs mit gemessener thermischer Trägheit beträgt nun 6 einschließlich der von uns betrachteten Objekte. Für zwei von diesen verbessern wir in der Literatur verfügbare Abschätzungen, für die restlichen drei lagen keine verlässlichen Abschätzungen vor. Die Durchmesser der betrachteten NEAs liegen zwischen 0,1 und 17 km.

Unsere Ergebnisse erlauben eine erste Abschätzung der typischen thermischen Trägheit erdnaheer Asteroiden: Diese beträgt etwa  $300 \text{ J s}^{-1/2} \text{ K}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (entsprechend einer thermischen Leitfähigkeit von  $0,08 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ), mehr als eine Größenordnung über der typischen thermischen Trägheit großer Hauptgürtelasteroiden (MBAs). Durchmesser und thermische Trägheit scheinen negativ zu korrelieren.

Unter Benutzung dieser Ergebnisse wurde von Kollegen die Größenabhängigkeit des Yarkovsky-Effekts neu bestimmt. Dies erlaubte ihnen, Unterschiede in der Größenverteilung von NEAs und MBAs ähnlicher Größe zu erklären.

Thermische Trägheit ist ein empfindlicher Indikator für feinkörniges Oberflächenmaterial, dies wird z.B. in der Marsgeologie häufig genutzt. Die thermische Trägheit von NEAs liegt zwischen der von Mondregolith und irdischem Felsgestein. Dies deutet darauf hin, dass sogar die kleinsten betrachteten Asteroiden mit grobem Regolith bedeckt sind, in Übereinstimmung mit Nahaufnahmen des 0,32 km großen NEA (25143) Itokawa, die im Jahr 2005 durch die Raumsonde Hayabusa gewonnen wurden.

Die gefundene Korrelation zwischen thermischer Trägheit und Durchmesser lässt auf eine mit abnehmender Objektgröße grobkörniger und/oder dünner werdende Regolith-

## *Zusammenfassung*

schicht schließen. Voraussichtlich ermöglicht dies ein verbessertes Verständnis von Vorgängen, die für die Regolithbildung bedeutsam sind, z.B. von Impaktprozessen.

Zum ersten Mal wurde ein Verfinsterungsereignis in einem Doppelasteroiden-System im thermischen Infrarot beobachtet: Dazu wurde das Doppelsystem (617) Patroclus, ein Trojaner, mit Spitzer beobachtet. Wie gezeigt wird, erlauben solche Beobachtungen eine einzigartig direkte Bestimmung der thermischen Trägheit. Unser Ergebnis ist die erste zuverlässige Bestimmung der thermischen Trägheit eines Trojaners.

Weiterhin wurden zwei künftige Raumsonden-Ziele untersucht: (21) Lutetia und (10302) 1989 ML. Die Größe und Albedo beider Objekte wurde bestimmt, die mögliche Oberflächenmineralogie eingeschränkt. Unsere Ergebnisse für 1989 ML sind von Bedeutung für die gegenwärtige Planung der ESA-Mission Don Quijote.