

## KURZFASSUNG

Im Untersuchungszeitraum von 1991 - 1994 wurden Hangbereiche des Starnberger Sees und des Tegernsees mit geophysikalischen Methoden im Hinblick auf subaquatische Massenbewegungen kartiert. Hierzu wurden Echographie-, Sidescan-Sonar- und Sedimentechographie-Geräte eingesetzt. Die Kombination einer präzisen Lasernavigation mit der bislang vorwiegend im marinen Bereich eingesetzten Sidescan Sonar und Sedimentechographie Technik ermöglichte eine flächenhafte Erfassung der für Massenbewegungen typischen Oberflächenstrukturen bei gleichzeitiger Aufnahme der Lagerungsstrukturen des Untergrundes. Lediglich an stark übersteilten Hängen wird sowohl der praktische Einsatz als auch die Interpretation der Aufnahmen erschwert. Tauchaufnahmen und Bohrkernentnahmen zur Bestimmung der sedimentologischen und bodenmechanischen Eigenschaften sollten die Ergebnisse der geophysikalischen Aufnahmen ergänzen.

Notwendig erschien diese Untersuchung, da von subaquatischen Massenbewegungen ein bislang weitgehend unbeachtetes Gefährdungspotential auf in zunehmendem Maße in Seen verlegte Gas-, Elektrizitäts-, Kommunikations- oder Abwasserleitungen ausgeht. Die Erfassung der vorhandenen fossilen und rezenten Massenbewegungen sowie deren Charakterisierung hinsichtlich ihrer Größe, ihres Materialinhaltes, der Art der Bewegung und ihrer zeitlichen Stellung war daher das Ziel dieser Untersuchung. Die Auswahl der beiden Untersuchungsobjekte mit deutlich unterschiedlichem orographischem, geologischem und hydrologischem Umfeld stellte die Grundlage zur Untersuchung möglicher geologischer, tektonischer, klimatischer oder anthropogener Ursachen der Bewegungen dar.

Die Kartierung zeigt, daß sich das unterschiedliche Sedimentationsgeschehen von Starnberger See und Tegernsee wie erwartet sowohl in der Anzahl, als auch im vorherrschenden Typus der Massenbewegungen niederschlägt. Rezente Rutschungen spielen im Starnberger See eine untergeordnete Rolle. Großräumige, nicht tiefreichende Kriechbewegungen der Sedimentauflagen an den Hangflanken stellen dagegen den heute dominierenden Massenbewegungstypus dar. Die Ursache ist in den speziellen Sedimenteigenschaften dieses Sees zu finden. Aufgrund des kleinen Einzugsgebietes tritt in den postglazialen Sedimenten die allochthone Komponente gegenüber der autochthonen stark in den Hintergrund. Die stark karbonathaltigen holozänen Sedimente weisen ein lockeres Korngerüst mit hohen Wassergehalten bis in größere Sedimenttiefen auf. Die Wassergehalte liegen zum Teil deutlich über der Fließgrenze dieser Sedimente, so daß sich quasi „thixotrope“ Eigenschaften ergeben. Diese Eigenschaften scheinen maßgeblich diese Kriechbewegungen zu verursachen. Die in den liegenden spätglazialen Sedimenten festgestellten geringeren Wassergehalte und niedrigen Fließgrenzen verhindern ein Übergreifen dieser Bewegungen in größere Sedimenttiefen. Neben den rein gravitativen Kräften dürften zusätzliche Auslösemechanismen eine Rolle spielen.

Fossile Rutschungen wurden im Starnberger See in drei Gebieten beobachtet. Während die Rutschung bei Seeleiten als mehrphasiges Ereignis ausgeprägt war, handelt es sich in den beiden anderen Rutschungsbereichen - südlich Seeleiten und bei Tutzing- um Einzelrutschungen. Nach Pollen- und <sup>14</sup>C-Datierungen ist eine größere Bewegungsphase der Massenbewegung bei Seeleiten in das Jüngere Atlantikum einzustufen, eine weitere Bewegungsphase fand im ausgehenden Subboreal statt. Diese Datierung und weitere Befunde deuten auf einen Zusammenhang der Auslösung mit zeitgleichen Seespiegelschwankungen hin. Für die weiteren aufgefundenen Rutschungen können die Alter aufgrund ihrer Tiefenlage in den Sedimentechographien abgeschätzt werden. Hierbei ist für die überwiegende Anzahl der Bewegungen ebenfalls ein holozänes Alter anzusetzen.

Die Oberflächenkartierung des Tegernsees zeigt keine Anzeichen auf Kriechbewegungen wie sie im Starnberger See vorgefunden wurden. Ein deutlicher Unterschied zum Starnberger See ist auch in den Ursachen und Mechanismen, die zu Massenbewegungen führen, festzustellen. Rutschungen in Form von Rotations- und Translationsgleitungen stellen in den Deltabereichen des Tegernsees eine dominierende Massenbewegungsform dar. Die zahlreichen Zuflüsse des Tegernsees führen zu einem sehr stark allochthon geprägten Sedimentationsgeschehen. Dieses spiegelt sich auch in dem sich vorwiegend ausbildenden Massenbewegungstypus wieder. Als Auslöser sind in diesem See für die Deltabereiche hohe und innerhalb kurzer Zeit auftretende Sedimentauflasten zu sehen. Diese stehen in einem engen Zusammenhang mit der Sedimentanlieferung aus dem Einzugsgebiet. Hierbei kommt den Flyschgebieten, die den Tegernsee umgeben, mit häufig auftretenden Rutschungen und Murgängen eine besondere Bedeutung zu.

Der damit verbundene Sedimenteintrag erfolgt in das Seebecken durch grundberührende Trübestrome. Die hierbei gebildeten Oberflächenstrukturen zeigen einen von der Flußmündung radialstrahlig über die Deltafont in das Profundal reichenden Transportmechanismus auf. Diese an zwei Beispielen dokumentierte Ausbildung kann als Modell für den Hochwassersedimenttransport an Deltas mit vorwiegend grobkörnigem Sedimenteintrag gelten. Diese radial angelegte Schüttung wird in Bereichen mit z. B. durch Rutschmassen vorgegebenen starken Reliefunterschieden in einen kanalisierter Transport übergeführt. Hierbei findet in Teilbereichen Erosion statt und trägt damit wiederum zu Hanginstabilitäten bei.

In den von Deltaschüttungen unbeeinflussten Bereichen treten häufig flachgründige Sedimentbewegungen auf. Der Auslösemechanismus hierfür ist in der hohen Gasbildungsrate aus dem Abbau biogener Substanzen zu finden. Migrationvorgänge des Gases führen zur Auflockerung des Gefügeverbandes sowie zur Anlage von Scher- und Gleitflächen mit damit verbundener Instabilität des Sedimentes. Die dabei entstehenden Massenbewegungen sind gegenüber denjenigen der Deltabereiche kleinräumiger und greifen weniger tief in den Untergrund über. Am Tegernsee tritt zusätzlich der Mensch als direkter aber auch indirekter Faktor bei der Auslösung von Rutschungen auf.

Die kleineren Hangbewegungen kommen in beiden Seen bei vergleichbaren Hangneigungen bereits am Hang wieder zum Stillstand. Die großen Hangbewegungen reichen dagegen über den steileren Haldenbereich hinaus und kommen erst am Übergang zur Profundalebene relativ schnell zum Stillstand. Die durch die Massenbewegungen ausgelösten Trübestrome, aber auch die grundberührenden Trübestrome aus Hochwasserereignissen breiten sich dagegen über weite Bereiche der Profundalebene aus.

Im Vergleich mit bekannten Massenbewegungen anderer Seen zeigen der Starnberger See und der Tegernsee als Extrembeispiele modellhaft wesentliche Massenbewegungstypen, Transportmechanismen, Auslöser und Gefahrenpotentiale auf.