

## Querterrassierungen im Steillagenweinbau von Rheinland-Pfalz: Ingenieurgeologische Grundsätze und Erfahrungen

ANSGAR WEHINGER & UWE SCHROEDER

**Kurzfassung:** In Rheinland-Pfalz gibt es seit einigen Jahren den Trend in steilen Weinbergshängen Querterrassen anzuordnen. Die parallel zu den Höhenlinien verlaufenden Terrassen sind leichter zu bewirtschaften. Für die Querterrassierung sind erdbautechnische Eingriffe, wie Anschnitte und Auffüllungen, erforderlich. Es finden Lastveränderungen statt und Einzelböschungen müssen im Vergleich zur Ausgangsneigung versteilt werden. In Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen bestehen geotechnische Risiken bis hin zu Hangrutschungen. Die Machbarkeit einer Querterrassierung erfordert verschiedene Voraussetzungen, wie zum Beispiel eine geeignete Hanggeometrie, eine ausreichende Mächtigkeit der Lockergesteinsdecke sowie eine entsprechende Standfestigkeit bzw. Hangstabilität. An verschiedenen Praxisbeispielen werden Schadensfälle, die im Umfeld von Querterrassierungen aufgetreten sind, beschrieben. Ein typisches Risiko ist das Auftreten höhenlinienparalleler Spalten bzw. Abrisse. Ziel ist es, aus den Erfahrungen der Schadensfälle zu lernen.

Bei Querterrassierungen sind verschiedene Grundsätze zu beachten, deren jeweilige Gewichtung vom Einzelfall abhängt. Generell sollten für eine Querterrassierung vorgesehene Hänge im Vorfeld in geotechnischer Hinsicht überprüft werden. Hierzu gehört neben Standsicherheitsbetrachtungen auch die Feststellung der vorhandenen und zukünftigen ober- und unterirdischen Abflussverhältnisse anfallenden Wassers. Ein wichtiger Diskussionspunkt ist die Richtung des Quergefälles der einzelnen Terrassen (tal- oder bergseits). Es besteht ein wirtschaftliches Interesse, möglichst steile Böschungen herzustellen. Dies wird jedoch durch die Scherfestigkeit des Untergrunds eingeschränkt. Die neu entstandenen Böschungen sind möglichst schnell erosionsstabil zu befestigen. Bis sich eine Begrünung etabliert hat, können unterstützende Maßnahmen, wie Geotextilmatten, sinnvoll sein. Die Erdarbeiten sollten nur von Baufirmen mit entsprechender Erfahrung durchgeführt werden. Schon auf Grund der geringen Zahl bisher durchgeführter Querterrassierungen und der zum Teil aufgetretenen Schäden besteht ein weiterer Forschungsbedarf und die Notwendigkeit eines fachlichen Austausches.

**Abstract:** For some years there is a trend in Rheinland-Pfalz to change steep vineyard-slopes into lateral terraces. The cultivation is easier on terraces, which are orientated parallel to the contour lines. For building the lateral terraces earth-moving is necessary, such as excavations and back fillings. Due to the terracing, the distribution of weight in the slope changes and the inclination increases partially. So dependent on the soil properties there is a risk of geotechnical failures like landslides. The feasibility of lateral terracing requires special conditions such as a suitable slope geometry, sufficient in-situ soil thickness and an adequate shear strength and slope stability. Seve-

ral cases of damages with relations to lateral terraces are presented. Typical failures are fissures respective vertical fractures parallel to the contour lines, the beginning of landsliding.

Different policies for lateral terracing must be respected and adapted to the individual case. As a general rule the specific slopes should be investigated geotechnically. In addition to the determination of the slope stability, other properties like the surface run-off and the subsurface run-off should be considered. An important point of interest is the inclination of the terrace surface (downward or upward). For economic reasons, steep embankments between the terraces are preferred. The steepness is restricted by the shear strength of the soils. Fresh made embankments have to be protected against erosion damages. Before the vegetation has grown up, support concepts like coverings with geosynthetics are useful. The earthwork should only be carried out by building companies with adequate practical knowledge. Due to low experiences with lateral terracing in Rheinland-Pfalz and to well known damages more research and an exchange of ideas are considered to be necessary.

## **Inhalt**

1. Einleitung
2. Geologie und Georisiken im Weinbau von Rheinland-Pfalz
  - 2.1. Boden-/Felsarten in Rheinland-Pfalz
  - 2.2. Rutschungen in Weinbaugebieten von Rheinland-Pfalz
  - 2.3. Beispiel einer Rutschung im Weinberg
3. Bauprinzipien für Querterrassen
4. Beispiele für Querterrassierungen in Rheinland-Pfalz
  - 4.1. Flurbereinigungsverfahren Bienengarten in Koblenz-Güls
  - 4.2. Flurbereinigungsverfahren König-Johann-Berg in Serrig
  - 4.3. Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung „In der Rheinhölle“ in Linz am Rhein
5. Empfehlungen für Querterrassierungen im Weinbau
  - 5.1. Prüfung, Erkundung
  - 5.2. Hydrogeologie, Entwässerung
  - 5.3. Deckschichtenmächtigkeit und Felsklippen
  - 5.4. Hang- und Böschungsneigung
  - 5.5. Erdbau, Herstellen der Querterrassen
  - 5.6. Erschließung
  - 5.7. Begrünung, Erosionsschutz, Stützmaßnahmen
6. Schlussbemerkungen

Schriften

## **1. Einleitung**

Die Steillagen im rheinland-pfälzischen Weinbau werden traditionell überwiegend in Falllinie und von Hand bewirtschaftet. Aus Gründen einer leichteren und wirtschaftlichen Arbeitsweise ist eine maschinengestützte Bewirtschaftung gewünscht. In Steillagen stoßen herkömmliche Arbeitsgeräte rasch an ihre Grenzen. Aus diesen Gründen bestehen zwei unterschiedliche Entwicklungsrichtungen, die einen verstärkten Technischeinsatz in hängigem Gelände ermöglichen sollen. Einerseits wurden und werden für den klassischen Falllinienanbau Arbeitsverfahren im Direktzug entwickelt. Andererseits wird über die Umgestaltung von Weinbergen zu höhenlinienparallelen Terrassen – den Querterrassen – die Bewirtschaftung erleichtert. Bei entsprechender Brei-

te der ebenen Einzelterrassen können diese mit Arbeitsmaschinen befahren werden. Aber auch schmale Laufterrassen können eine Arbeitserleichterung darstellen. Zum Teil werden dann handgeführte Kleingeräte eingesetzt. Ziel ist es, Steillagen wieder wirtschaftlich nutzen zu können und dem Stilllegungstrend entgegen zu wirken.

In Rheinland-Pfalz bestehen seit einigen Jahren Bestrebungen, im Rahmen von Bodenordnungsverfahren, wie zum Beispiel Flurbereinigungen, Querterrassen anzulegen. Die Mitarbeiter des Referats Ingenieurgeologie des Landesamtes für Geologie und Bergbau beraten bei etlichen Verfahren die planenden und ausführenden Institutionen, wie die Dienstleistungszentren Ländlicher Raum (DLR) und die jeweils zuständigen Verbände der Teilnehmergeellschaften (VTG). Der vorliegende Beitrag beschreibt ingenieurgeologische Grundsätze, die bei der Planung und Ausführung der Querterrassen zu beachten sind und stellt die an verschiedenen Beispielen gewonnenen Erfahrungen vor. Eine Zusammenfassung von geotechnischen und bodenkundlichen Aspekten bei Querterrassierungen kann dem Beitrag von WEHINGER & SPIES (2008) entnommen werden.

Die Einbeziehung geologisch-geotechnischer Aspekte bei Planung und Ausführung von Querterrassen ist notwendig, da das Boden- und Gesteinsmaterial, das die Terrassen und deren Untergrund aufbaut, sehr verschieden sein kann. Die geologisch bedingten Unterschiede betreffen nicht nur die Zusammensetzung (Petrographie), sondern auch Unstetigkeiten im Gesteinsverband (zum Beispiel Trennflächen) oder die hydrogeologischen Gegebenheiten (Wasserangebot und Wasserdurchlässigkeit). Die schon genannten sowie auch weitere Faktoren bedingen stark wechselnde Materialeigenschaften, so dass schon deshalb keine Musterbauweisen bzw. gleichbleibenden Anforderungen bei der Anlage von Querterrassen gegeben sein können. Die angemessene Berücksichtigung der geologisch-geotechnischen Gegebenheiten kann über Erfolg oder Misserfolg einer Maßnahme entscheiden.

## **2. Geologie und Georisiken im Weinbau von Rheinland-Pfalz**

### **2.1. Boden-/Felsarten in Rheinland-Pfalz**

Die Stabilität von Hängen und Einzelböschungen hängt insbesondere vom geologischen Aufbau ab. Grundsätzlich ist es so, dass natürlich entstandene Hänge und Böschungen das Resultat von Verlagerungsprozessen, wie flächen- und linienhafter Erosion bzw. allgemein von Massenbewegungen, sind. Die Standfestigkeit solcher Hänge liegt nahe dem sogenannten Grenzgleichgewicht. Die Widerstandskräfte entsprechen etwa den treibenden Einwirkungen. Es bestehen häufig keine großen Standsicherheitsreserven. Je nach Weinbauregion wird der geologische Untergrund aus verschiedenen Böden und Gesteinen aufgebaut. Da diese sich auch in ihren geotechnischen Eigenschaften, insbesondere dem Scherverhalten, unterscheiden, ergeben sich zwangsläufig auch unterschiedliche typische Hangneigungen. Eine Übersicht hierzu enthält die Tab. 1. Gerade weil viele der vorhandenen Hänge keine großen Standsicherheitsreserven haben, ist jeder Eingriff in das Gelände vorab auf dessen mögliche Auswirkungen zu prüfen.

### **2.2. Rutschungen in Weinbaugebieten von Rheinland-Pfalz**

Rutschungen sind hangabwärts gerichtete Gleitbewegungen von Boden- und Gesteinsmassen auf einer stabilen Unterlage. Rutschungen können auf verschiedene Art und Weise klassifiziert werden. So werden beispielsweise in Abhängigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit Kriech- bis Fließrutschungen (Bewegungsraten von cm/a bis m/s) oder je nach Form der Rutschkörper Rotationsrutschungen mit ge-

Tab. 1: Charakteristische Boden-/Felsarten an Weinbauhängen in Rheinland-Pfalz sowie deren typische maximale Hangneigung (überarbeitet nach Jahnel &amp; Krauter 1981).

Weinbaugebiet (geolog. Raum)	Fels/Boden	Alter	Deck- schichten	Oberer Grenzwert der Hangneigung
<b>Mittelrhein, Mosel, Ahr</b> (Rheinisches Schiefergebirge)	Tonschiefer, Siltsteine, Sandsteine, Quarzite	Devon	Löß, Hanglehm, Hangschutt	15-38° (27-78 %)
<b>Nahe</b> (Saar-Nahe- Senke)	Tonsteine, Sandsteine, Magmatite	Rotliegend	Löß, Hanglehm, Hangschutt	15-38° (27-78 %)
<b>Pfalz</b> (Oberrhein)	Mergel, Kalke, Sandsteine, Sande, Tone	Tertiär und Mesozoikum	Löß, Hanglehm	15-25° (27-47 %)
<b>Rheinhessen</b> (Mainzer Becken)	Tone, Mergel	Tertiär	Löß, Hanglehm	7-15° (12-27 %)

krümmten Gleitflächen von Translationsrutschungen mit ebenen Gleitflächen unterschieden. In Rheinland-Pfalz gibt es zahlreiche Gebiete mit fossilen Rutschungen und/oder rutschgefährdeten Böden/Gesteinen. Bezogen auf die Weinbauregionen stellen Rheinhessen und die Mittelmosel die am stärksten rutschgefährdeten Gebiete dar. Das Landesamt für Geologie und Bergbau hat für beide Regionen Hangstabilitätskarten erarbeitet (ROGALL & MÖBUS 2005; ROGALL & SCHMITT 2005), in denen die Rutschgebiete dargestellt sind (Abb. 1). Aber auch am Mittelrhein und an der Unter- mosel kann das Thema Hangstabilität relevant sein.

Die meisten der betroffenen Flächen stellen fossile Rutschungen dar, die keine aktuellen Verformungen aufzeigen. Allerdings können hier bereits vergleichsweise geringe Eingriffe zu einer Reaktivierung der Rutschbewegung führen, da auf den mechanisch wirksamen Gleitflächen nur noch eine Restscherfestigkeit vorhanden ist. Der Großteil der Rutschflächen kann somit unter Einhaltung bestimmter Bewirtschaftungsregeln für den Weinbau genutzt werden. Gleichwohl kann bei besonders aktiven Teilflächen auf Dauer keine wirtschaftliche Nutzung aufrecht erhalten werden. Hierzu gehören prinzipiell auch Querterrassierungen.

Obwohl insgesamt dem Rheinischen Schiefergebirge zugehörig, gibt es einen systematischen Unterschied der Hangstabilitäten zwischen der Region Mittelmosel einerseits und den Regionen Untermosel und Mittelrhein (nördlich Oberwesel) andererseits. An Untermosel und Mittelrhein steht eine Wechselfolge verschiedener Gesteine des Unterdevon an (Quarzite, Sandsteine, Silt- und Tonschiefer). Die an der Mittelmosel vorhandenen Hunsrückschiefer bestehen dagegen weit überwiegend aus Tonschiefern. Der höhere Anteil an gröber körnigeren Sedimenten im Untermosel- und Mittelrheingebiet ist Ursache für eine im Mittel höhere Scherfestigkeit. Ein größerer Tonschieferanteil führt zu engständigeren Trennflächensystemen (Schichtung, Schieferung, Klüftung) mit entsprechend geringerer Gebirgsfestigkeit sowie eher zum Auf-

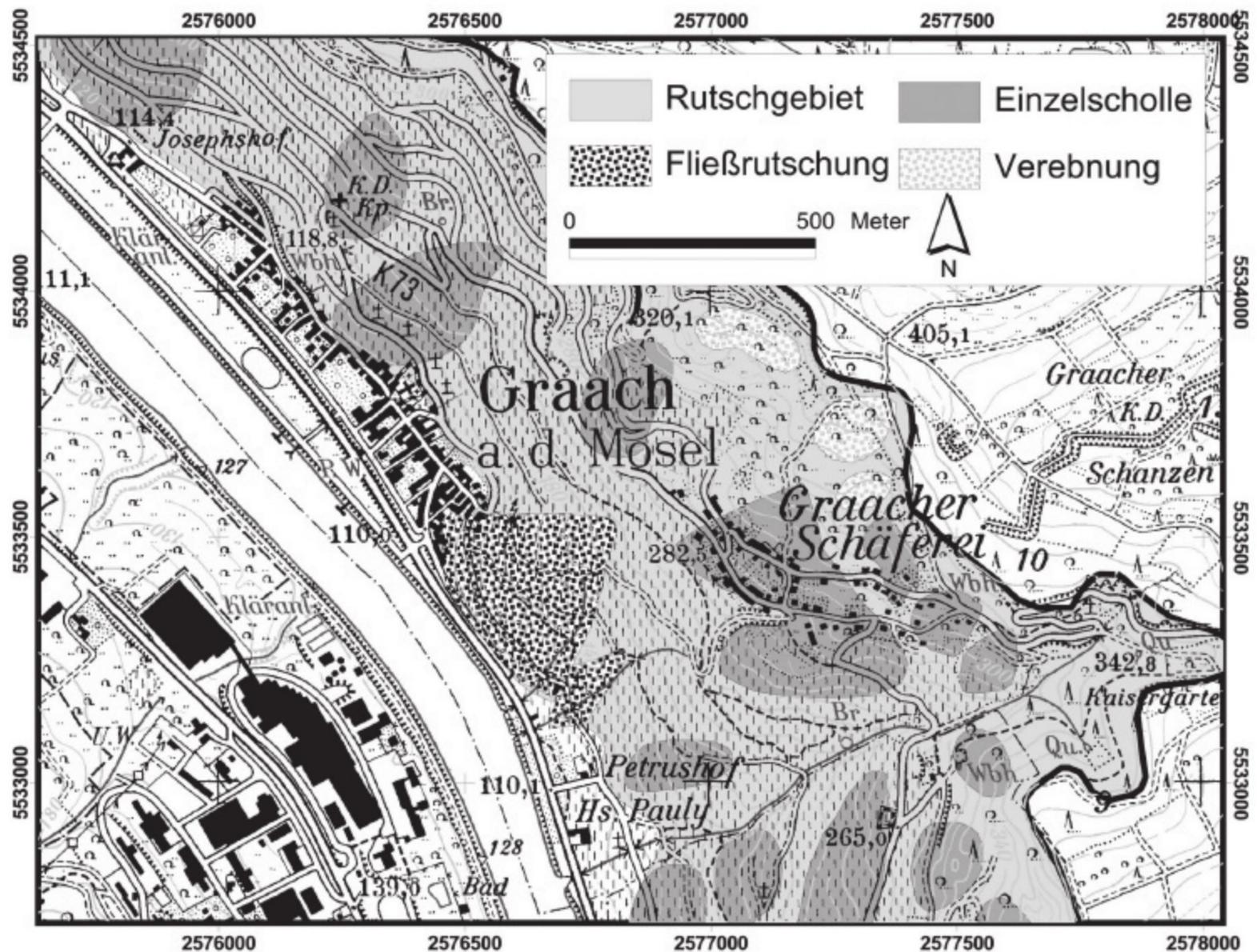


Abb. 1: Ausschnitt der Hangstabilitätskarte für den Bereich Graach an der Mittelmosel (nach ROGALL & Möbus 2005).

stau von Schichtenwasser, was zusätzlich stabilitätsmindernd wirkt. Dementsprechend ist das Gebiet der Untermosel und des Mittelrheins für die Anlage von Querterrassierungen besser als das Verbreitungsgebiet der Hunsrückschiefer geeignet. Entgegen einer ersten Vermutung konnte bei den zahlreichen Rutschungen der Mittelmosel keine Abhängigkeit der Rutschungsdisposition von der Orientierung des Trennflächensystems ermittelt werden (mdl. Mitt. Dr. ROGALL, LGB).

Die Abb. 2 stellt eine vereinfachte Geologische Karte der Moselregion dar. Fotos von einer bei Graach/Mosel vorhandenen Rutschung zeigt Abb. 3.

### 2.3. Beispiel einer Rutschung im Weinberg

Im Jahr 2001 wurden in einem Weinberg an der Mittelmosel ohne vorherige geotechnische Beratung Geländeauffüllungen vorgenommen. Bodenumlagerungen mit dem Ziel ebene Flächen herzustellen, werden auch beim Anlegen von Querterrassen vorgenommen. Durch diese örtliche, zusätzliche Auflast in einem alten Rutschhang kam es zu einer Rutschung von etwa 2 bis 4 m mächtigem Hangschutt über Tonschiefer und Sandstein des Unterdevon. Im konkreten Schadensfall wurden ein oberhalb der Auffüllung gelegener Wirtschaftsweg sowie eine Stützmauer beschädigt.

Die Abb. 4 zeigt die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung für das Schadensbeispiel. Durch Rückrechnung wurde ermittelt, dass im Ausgangszustand mit einer

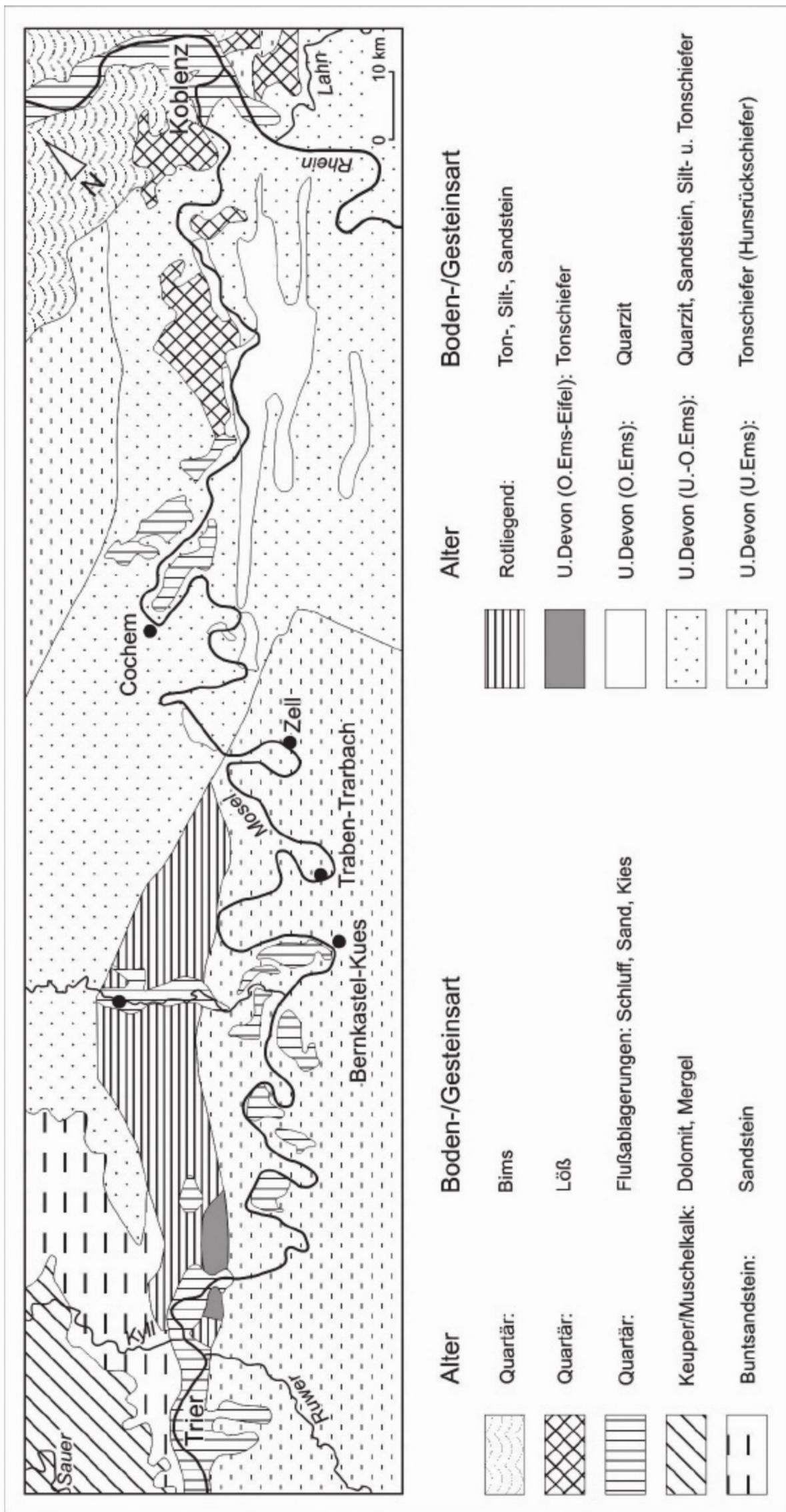


Abb. 2: Vereinfachte Geologische Übersichtskarte der Moselregion. Die sogenannten Hunsrückschiefer der Mittelmosel (zum Beispiel bei Bernkastel-Kues) weisen im Vergleich zu den Unterdevon-Einheiten im Bereich Cochem-Koblenz eine geringere Scherfestigkeit auf. Die Hänge an Unter- und Mittelmosel sind daher im Vergleich zur Mittelmosel besser für die Anlage von Querterrassen geeignet.

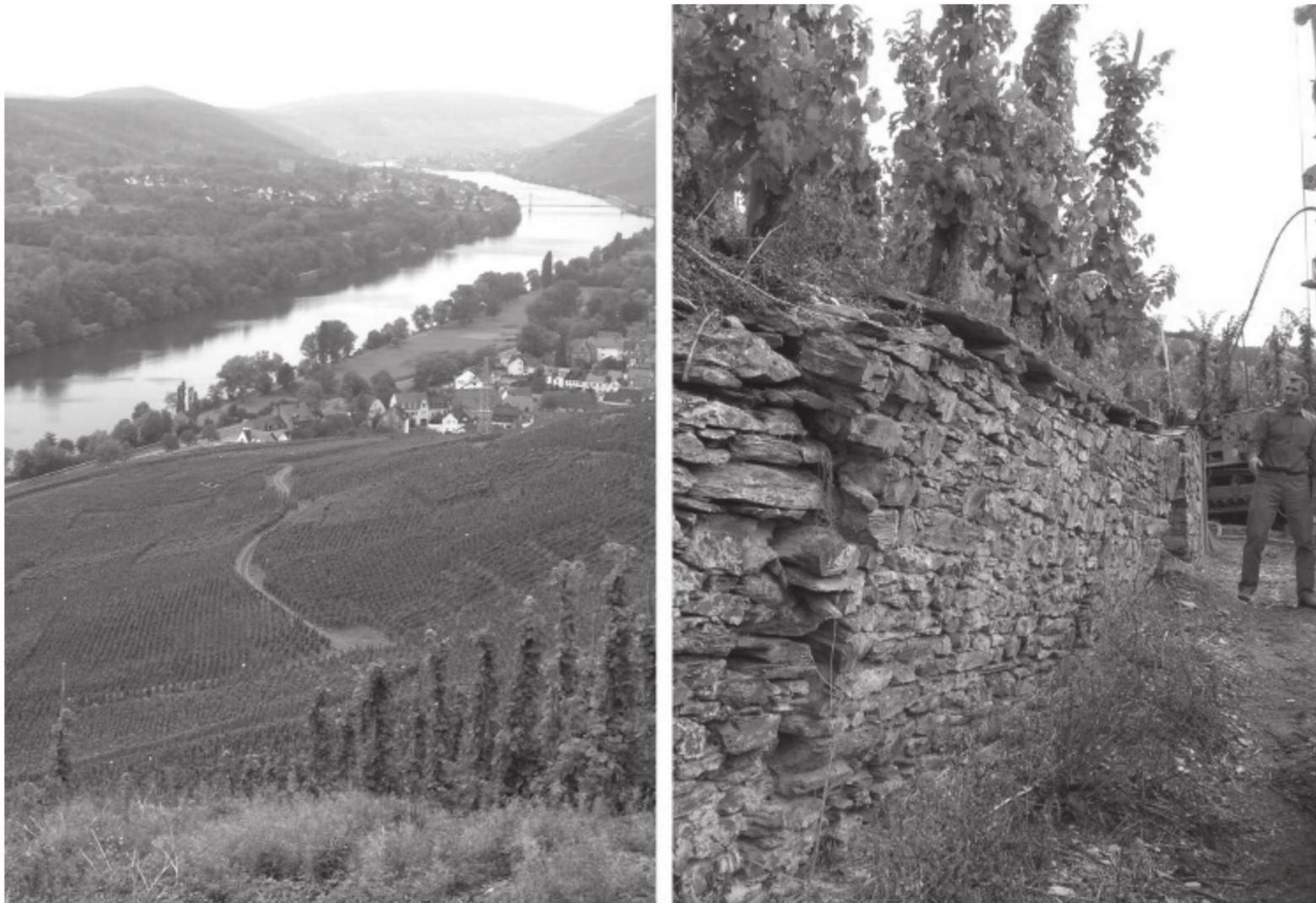


Abb. 3: Der Hang oberhalb von Graach an der Mosel ist Teil eines großräumigen Rutschgebietes. Im Gelände ist der Schuttkegel einer Fließrutschung besonders gut zu erkennen (linkes Foto). Eines der vielen Merkmale für die zum Teil anhaltenden Kriechbewegungen sind gerissene und verstellte Weinbergsmauern (rechtes Foto). In derartigen Gebieten ist von Eingriffen in die Hanggeometrie, wie sie Querterrassierungen darstellen, abzuraten (Fotos: A. WEHINGER 2008).

Sicherheit von  $\eta = 1,25$  eine ausreichende Standsicherheit vorhanden war. Durch die Auffüllung sank die rechnerische Sicherheit auf  $\eta = 0,97$  ab. Sicherheiten unter 1,0 bedeuten, dass der Hang rutscht. Im konkreten Fall wurde der Schaden durch den Abtrag der aufgebrachtten Erdmassen, die Herstellung von Erdbetonstützscheiben unter dem beschädigten Weg und die Rückverankerung der vorhandenen Stützwand saniert (SCHROEDER 2001-2002).

Die Rutschungsgefahr durch das punktuelle Aufbringen von Lasten, zum Beispiel beim Auffüllen von Senken, wird ausdrücklich auch von GANTER (2008) für Querterrassierungen bestätigt. Weitere Probleme bei Erdarbeiten in wenig stabilem Gelände können entstehen, wenn das verschobene Material nicht mit dem Untergrund verzahnt ist und mögliche Wasserabflüsse unterbunden werden, so dass ein Aufstau von Wasser begünstigt wird.

### 3. Bauprinzipien für Querterrassen

Im Unterschied zur traditionellen Falllinienbewirtschaftung (Abb. 5) werden bei den modernen Querterrassen die Rebzeilen höhenlinienparallel angeordnet. Die Abb. 6 zeigt einen Prinzipschnitt und Abb. 7 ein Beispiel für eine Querterrasse in Rheinland-

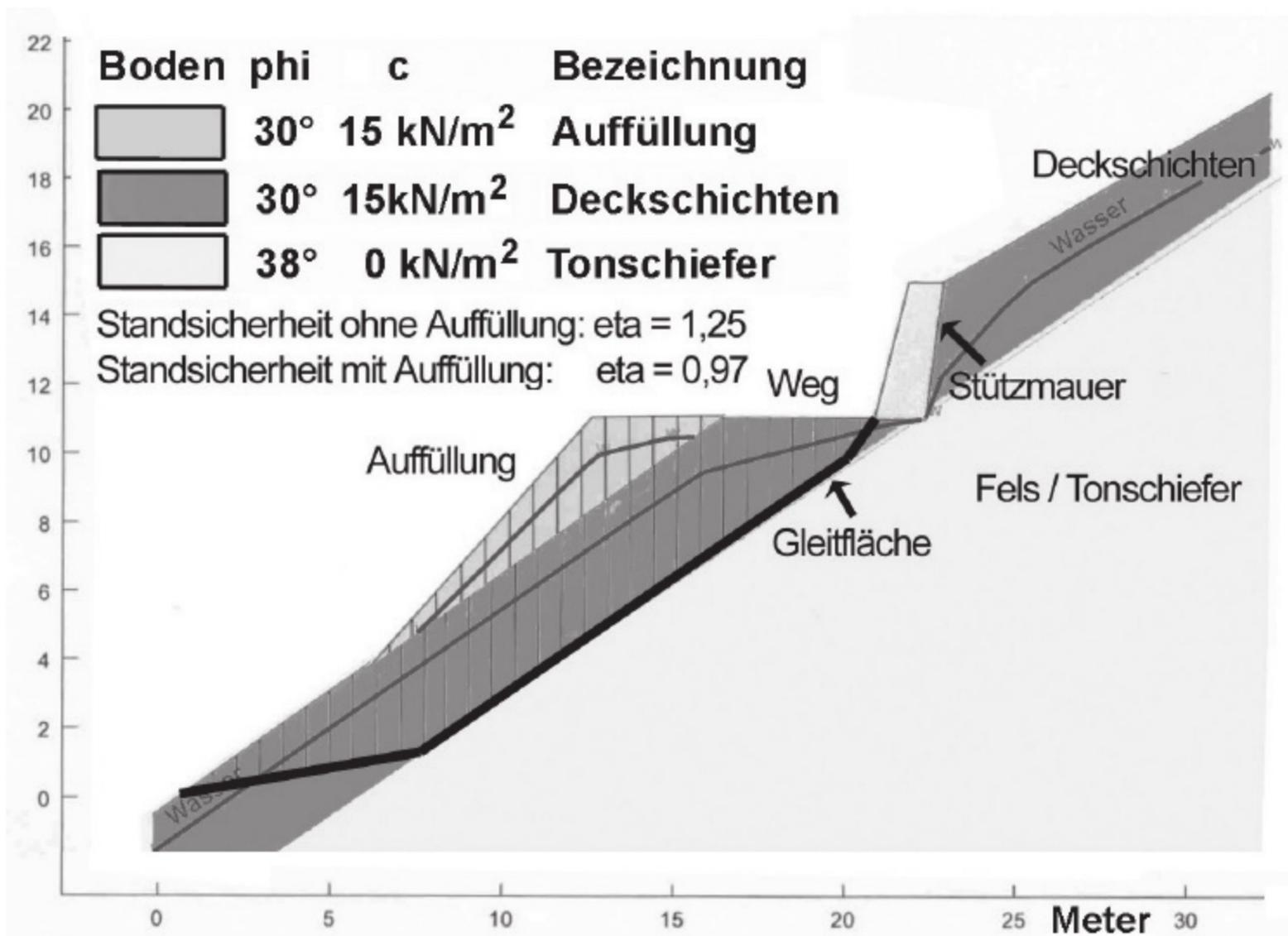


Abb. 4: Standsicherheitsberechnung für einen Weinbergshang an der Mittelmosel vor und nach einer Auffüllmaßnahme. Durch die Auffüllung wurde die zuvor ausreichende Hangstabilität so gemindert, dass die Weinbergsfläche und der oberhalb hiervon gelegene Weg und die Stützmauer beschädigt wurden (Grafik verändert nach SCHROEDER 2001-2002).

Pfalz. Da es im Falle von Rheinland-Pfalz keine langjährigen Erfahrungen für modernen Querterrassierungen aus Sicht der Geotechnik gibt, haben die entsprechenden Maßnahmen mancherorts Versuchscharakter. Im Jahr 2006 waren an der Mosel lediglich 30 Hektar von 9500 Hektar Weinbauflächen mit Querterrassen angelegt (FUCHS & TREIS 2006). Die Umgestaltung von Steillagen in Querterrassen wird vielerorts durch die Kulturverwaltung gefördert, so dass mit zahlreichen weiteren Querterrassierungen zu rechnen ist.

Schon auf Grund der geringen praktischen Erfahrungen in Rheinland-Pfalz ist eine geotechnische Betreuung der Einzelprojekte sinnvoll. In der Tab. 2 werden die wichtigsten Voraussetzungen für eine Querterrassierung den Hauptfaktoren, die Einfluss auf die Hangstabilität nehmen, gegenübergestellt.

Um die gewünschten Vorteile bei der Bewirtschaftung der Querterrassen zu erzielen, sollte die Mindestterrassenlänge 60 m betragen (JÖRGER et al. 2008).

#### 4. Beispiele für Querterrassierungen in Rheinland-Pfalz

Im Folgenden werden drei verschiedene Beispiele für Querterrassierungen in Rheinland-Pfalz geschildert. Dabei werden bewusst Schadensfälle beschrieben, um aus den Erfahrungen lernen zu können. Die Beschränkung auf Schadensfälle bedeutet nicht, dass Querterrassierungen generell scheitern oder abgelehnt werden.



Abb. 5: Traditionelle Weinbauterrassen bei Winningen (Untermosel). Bei den historischen Terrassen werden die Geländeunterschiede mit Mauern überwunden, so dass das dazwischen gelegene Gelände flacher geneigt angelegt werden konnte. Diese alt angelegten Steilhangelagen sind nur von Hand zu bewirtschaften. Die einzelnen Terrassenflächen werden in Falllinie bewirtschaftet (Foto: A. WEHINGER 2008).

### 4.1. Güls-Bienengarten (Koblenz)

Im Verfahrensgebiet Bienengarten wurde das Hanggelände vollständig terrassiert. Noch während der Erdarbeiten kam es am 15. Mai 2005 zu einem plötzlichen Versagen einer Stützmauer am Hangfuß im Übergang zur Straße „Am Heyerberg“ und der Wohnbebauung (Abb. 8). Dabei wurde ein Fahrzeug weitgehend zerstört; Personenschäden waren glücklicherweise nicht zu verzeichnen. Im Rahmen der geotechnischen Bearbeitung des Schadensfalls war insbesondere die Schadensursache zu untersuchen, zumal zwischen den Erdarbeiten und dem Schadensereignis ein zeitlicher und räumlicher Zusammenhang bestand. Gleichzeitig war zu berücksichtigen, dass die Stützmauern (Naturstein-Schwergewichtsmauer) am Hangfuß mehrfach ausgebessert und zusätzlich lokal Stützpfeiler vorgebaut wurden. Ferner hat es vor dem Schadenfall eine Phase mit signifikant erhöhter Niederschlagsmenge gegeben, so dass auch die bodenmechanischen Eigenschaften der hier den Tonschiefern des Devon aufliegenden Deckschichten (bindiger Hangschutt) ungünstig beeinflusst wurden. Eine Rutschung konnte als Schadenursache bereits frühzeitig ausgeschlossen werden (SCHROEDER 2005).

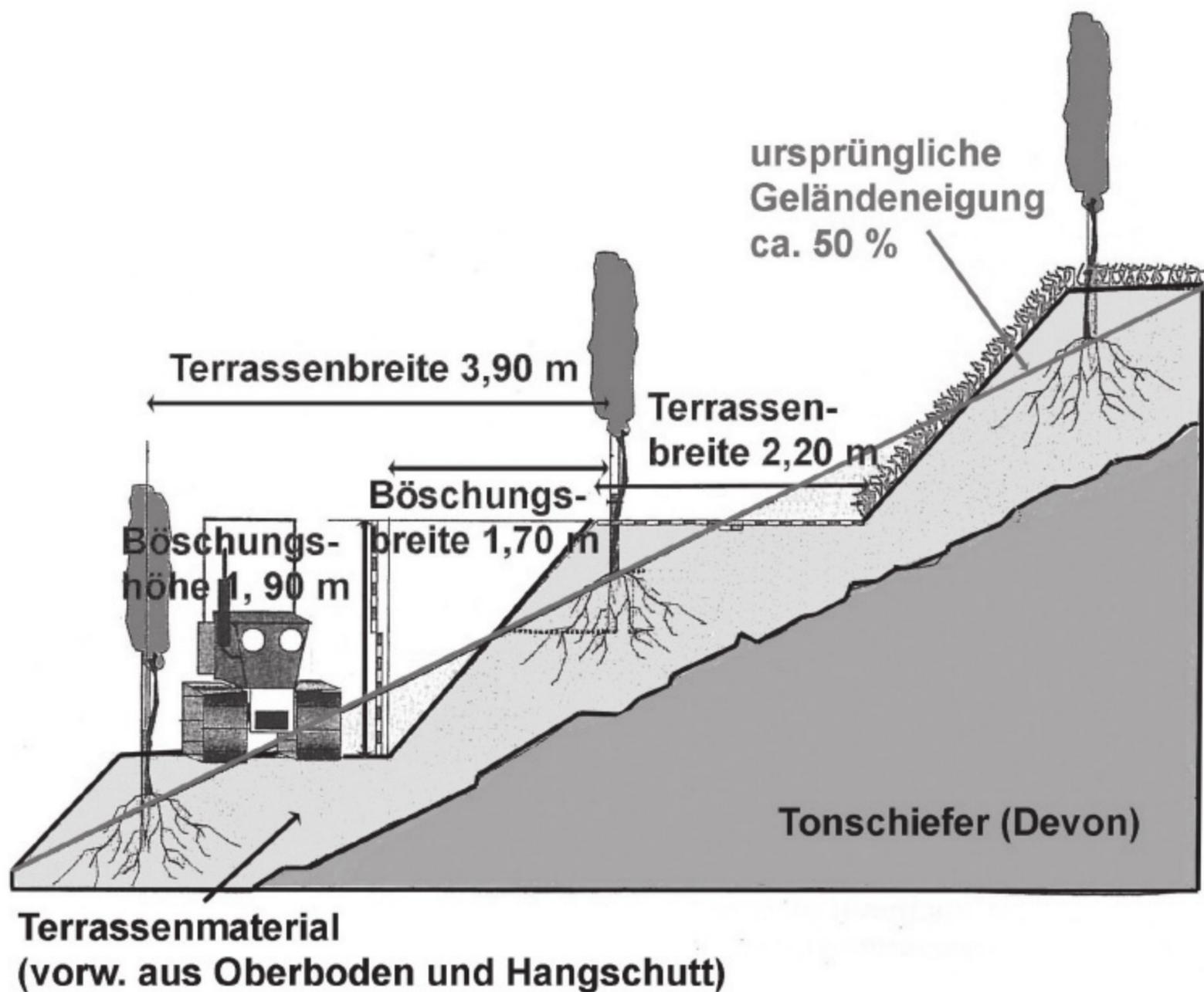


Abb. 6: Querterrasse im Schnitt. Die Rebzeilen sind höhenlinienparallel angeordnet. Die Einzelterrasse ist mit einer Rebzeile bestockt und kann maschinell bearbeitet werden. Hieraus ergibt sich eine Mindestbreite der ebenen Terrassenfläche von 1,6 m bis 2,2 m. Gegenüber der ursprünglichen Geländeneigung ist die Neigung der Einzelböschungen deutlich steiler. Die talwärts geneigte Kontaktfläche des Felsens (hier Tonschiefer) zum Terrassenmaterial stellt eine vorgegebene Gleitfläche dar (Grafik nach PORTEN & TREIS 2006).

Als Ergebnis der statischen Berechnung nach DIN 4084 war festzuhalten:

- 1) Die Stützmauer hatte bereits im Ausgangszustand ohne zusätzliche Lasten (zum Beispiel Verkehrslasten) keine ausreichenden Standsicherheitsreserven.
- 2) Bei Ansatz einer Sickerwasserlinie verschlechtert sich die Standsicherheit drastisch bis zum Bruchzustand.
- 3) Die Verkehrslast durch das Kettenfahrzeug (Bagger) hat nur einen geringen Einfluss auf die Standsicherheit des Stützbauwerks.
- 4) Der geringe Abstand des Baggers von der Mauerkrone (etwa 1,5 m) macht sich durch eine Verringerung der Kippsicherheit des Stützbauwerks bemerkbar.

Letztlich hat eine Kombination aus verschiedenen Faktoren den Einsturz des Stützbauwerks ausgelöst, deren genauer prozentualer Anteil allerdings nur schwer nachzuweisen war. Nach den Untersuchungen kann jedoch festgestellt werden, dass der schlechte bauliche Zustand des Stützbauwerks in Verbindung mit einer statischen Unterdimensionierung und den ungünstigen Witterungseinflüssen als Hauptursache

Tab. 2: Zusammenstellung der wichtigsten Voraussetzungen für eine Querterrassierung (nach JÖRGER et al. 2008) und der durch die Querterrassierung bedingten Faktoren auf die Hangstabilität.

<b>Voraussetzungen für eine Querterrassierung</b>	<b>Durch die Querterrassierung bedingte Faktoren, die die Hangstabilität beeinflussen</b>
Baugenehmigung	Die Neigung der Einzelböschungen ist im Vergleich zur ursprünglichen Geländeneigung steiler
Mindestgrundstücksgröße sowie Mindestterrassenlänge	Durch die Erdarbeiten wird die gewachsene Schichtenfolge gestört (einschließlich Änderung der Scherfestigkeit)
Geeignete Hanggeometrie	Es sind zusätzliche Böschungen/Übergänge zu nicht terrassierten Nachbarflächen erforderlich
Ausreichende Bodenmächtigkeit und Standfestigkeit/Hangstabilität	Es finden Lastveränderungen statt
Zufahrt- und Anbindemöglichkeit	In die Abflussverhältnisse für Oberflächen- und Schichtenwasser wird eingegriffen

des Schadenfalles eingestuft werden müssen. Zur Sanierung der Schadensstelle wurde eine Kombination aus Gabionen mit einem Sockel bzw. einer Einfassung aus einer Natursteinmauer ausgeführt (Abb. 9).

Die Querterrassierung konnte im Verfahrensgebiet erfolgreich abgeschlossen werden. Lokale kleinere Nachrutschungen im Bereich der Wendestellen bzw. von Steilböschungen konnten durch den Einbau von Gabionen saniert werden. Bis heute haben sich keine weiteren wesentlichen Schäden im Bereich des terrassierten Hanges ereignet (s. auch Abb. 7).

#### 4.2. Flurbereinigungsverfahren König-Johann Berg in Serrig

Im Verfahrensgebiet Serrig bei Saarburg an der Saar wurde ein größeres Hangareal in eine Querterrassierung umgestaltet. Ausgehend von einem diagonalen Auffahrtsweg sollten weitgehend höhenlinienparallele Fahrspuren von etwa 2 m Breite das Hanggelände erschließen. In der praktischen Ausführung hat die beauftragte Firma allerdings weitere Anpassungen vorgenommen. Der Hang wurde im Vorfeld der Maßnahme geotechnisch überprüft. Dabei haben sich keine Hinweise auf ungünstige Untergrundverhältnisse oder eine Rutschungsproblematik ergeben. Bei der vorab abgestimmten Planung wurde ein talseitiges Quergefälle der Terrassen von etwa 1 bis 2 % vereinbart (DLR Mosel 2006).

Im Zuge der Bauausführung traten lokal Abrisse im Bereich der steilen (etwa 1:1) Zwischenböschungen auf. Es handelt sich hier um Erosions- und Setzungsprozesse wie sie in frisch bearbeiteten Bodenmassen häufig zu beobachten sind. Das Schadensbild zeigte oberflächennahe Abrutschungen, staffelförmige Abrisse und Setzungen. Dieses Problem trat verstärkt im Bereich des erdbautechnisch schwierigen Übergangs zu klassisch bewirtschafteten Hangteilen auf. Versuche, die Schadensintensität durch eingerammte Holzpflocke zu begrenzen, sind weitgehend gescheitert (Abb. 10). Weiter hat sich gezeigt, dass abflusslose Tiefpunkte in der Terrassenachse unbedingt vermieden werden sollten (Abb. 11). Das talseits einfallende Quergefälle hat zumindest



Abb. 7: Beispiel für eine neu angelegte Querterrasse bei Koblenz-Güls. Die Einzelterrassen sind befahrbar. Die Einzelböschungen weisen Neigungen  $> 45^\circ$  auf. Die Böschung im Vordergrund zeigt am Fuß eine Ausbauchung, was auf eine trotz Begrünung zu steile Böschungsneigung hinweist (Foto: A. WEHINGER 2008).

im nicht begrüntem Zustand möglicherweise Schaden verstärkend gewirkt (vergl. Kap. 5.2.).

Eine spätere Korrektur ist kaum möglich. Zur Sanierung der Schadensstellen wurden zunächst erdbautechnische Maßnahmen ergriffen (Neuprofilierung der Schadensbereiche, Spritzbegrünung, leichte Abflachung, Sickerpackung in Wegetiefpunkten). Sofern möglich, wurde in den Sanierungsflächen nachträglich ein bergseitiges Quergefälle der Terrassen hergestellt. Im Bereich einer geschädigten Wendestelle wurde die Böschung neu aufgebaut. Hierzu wurden teils Gabionen aufgestellt und teils Bodenmassen neu aufgebracht und deren Oberfläche mit Geogittern und Spritzbegrünung versehen (DLR Mosel 2008). Die weitere Entwicklung in diesem Verfahrensgebiet wird fachlich begleitet.

#### 4.3. Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung „In der Rheinhölle“ in Linz am Rhein

Zwischen Linz am Rhein und Ockenfels wurde im Jahr 2007 ein etwa 20 m hoher und mehrere hundert Meter breiter Hang querterrassiert. In diesem Verfahrensgebiet hat sich in einer kleineren Hangtafel während und nach Herstellung einer Querterrassierung ein umfangreiches Schadensbild entwickelt:



Abb. 8: Eingestürzte Mauer am Fuß des Weinbergs Bienengarten in Koblenz-Güls (Foto: U. SCHROEDER 2005).

- 1) Hangparallele Abrisskanten und Spalten in und unmittelbar talseits der Terrassen; Öffnungsweiten bis 20 cm, Versatz bis 25 cm (Abb. 12).
- 2) Setzungsmulden und talseitige Auslenkung im Terrassenbereich.
- 3) Vorwölbungen („Beulen“) im unteren Hangdrittel im Bereich der Stützmauern sowie dem unverbauten Bereich.

Art und Umfang der Schäden lassen den Rückschluss zu, dass es sich hier nicht um die Folgen der erwarteten „normalen“ Setzungen oder Erosionserscheinungen nach einer intensiven Erdbaumaßnahme handelt. Vielmehr hat sich das vollständige Schadensbild einer Lockergesteinsrutschung ausgebildet, welche die Deckschichten vollständig und vermutlich zusätzlich oberflächennahe Horizonte der verwitterten Felsoberfläche einbezieht. Dies bedeutet, dass sich voraussichtlich eine zusammenhängende Rutschmasse formiert hat, die den terrassierten Hangbereich etwa parallel zur ehemaligen Geländeoberfläche vom Hangfuß bis zur bergseitigen Böschung umfasst. Die Stützmauer am Hangfuß zeigt derzeit keine Schäden, die auf Hangbewegungen zurückzuführen wären.

Der tiefere Untergrund wird von stark verwitterten Tonschiefern und Sandsteinen des Devon (Saprolit) aufgebaut, die mit unscharfer Grenze von einer hier etwa 1,0 m bis 2,5 m mächtigen Hangschuttdecke aus Tonschieferfragmenten in feinkörniger, wasserempfindlicher Matrix verhüllt werden. Dieses Material hat ungünstige geotechnische Eigenschaften, da schlechte bodenmechanische Parameter (Scherfestigkeit und Wasserempfindlichkeit) durch Relikte ungünstig orientierter Felstrennflächen



Abb. 9: Situation in Koblenz-Güls nach Sanierung des Schadensbereichs. Anstelle der alten Stützmauer wurden mit Natursteinen befüllte Gabionen angeordnet. Die Gabionen sitzen einer Schwergewichtsmauer aus Naturstein auf. An der Basis der Schwergewichtsmauer wurde ein Gründungsbalken aus Beton hergestellt. Das Foto entstand nur zwei Monate nach Eintritt des Schadens (Foto: U. SCHROEDER 2005).

verstärkt werden können. Dieser Schadensfall zeigt, dass es trotz Voruntersuchungen zu den befürchteten und modellhaft prognostizierten tiefgreifenden Auswirkungen der Querterrassierung auf die Hangstabilität kommen kann (SCHROEDER 2008). Bei nicht optimalen geologischen Gegebenheiten kommt es in besonderem Maße auf die Erdbautechnik an. Hierbei ist verstärkt auf eine gute Verzahnung des umgelagerten Materials mit dem Anstehenden sowie eine ausreichende Verdichtung zu achten.

## 5. Empfehlungen für Querterrassierungen im Weinbau

Es folgen Grundsätze, die bei Querterrassierungen bzw. allgemein bei Erdarbeiten in Hanglagen zu beachten sind. Die genannten Prinzipien sind stets auf den Einzelfall abzustimmen und haben eine wechselnde Gewichtung (s. auch WEHINGER & SPIES 2008).

### 5.1. Prüfung, Erkundung

Im Vorfeld der Terrassierung ist in Bezug auf Standsicherheit und Rutschungsgefährdung eine Prüfung durch einen Ingenieurgeologen bzw. Geotechniker vorzunehm-



Abb. 10: Schadensbild in Serrig. Bei der Querterrassierung in Serrig traten staffelförmig angeordnete, höhenlinienparallele Abrisse auf. Provisorisch eingerammte Holzpflocke haben die Schadensentwicklung nicht aufgehalten (Foto: DLR Mosel, Dienstsitz Trier, 2008).

men. Gegebenenfalls ist auch eine geotechnische Erkundung, beispielsweise mit Baggerschürfen und/oder Bohrungen erforderlich. Bei der Prüfung ist die globale Standsicherheit des Hangs von einer partiellen Standsicherheit einzelner Böschungen im Hang zu unterscheiden. In bestimmten Fällen, wie aktiven Rutschgebieten, sind die Maßnahmen soweit wie möglich zu reduzieren oder ganz zu lassen.

## 5.2. Hydrogeologie, Entwässerung

Die hydrogeologischen Gegebenheiten sind zu ermitteln. Hierzu gehört die lagegenaue Kenntnis von Nassstellen, Quellnischen und ähnlichem. Unter Umständen sind Drainagen vorzusehen, die solche Nassstellen auch nach der Terrassierung entwässern. Vorhandene Drainagen sind zu erhalten oder zu erneuern.

Ein zentrales Thema bei der Neuanlage von Querterrassen ist die gewünschte Behandlung des Oberflächen- und Niederschlagswassers. Traditionell wird aus geotechnischer Sicht grundsätzlich eine möglichst kontrollierte Ableitung überschüssigen Wassers auf möglichst kurzem Weg angestrebt. Ein weiterer geotechnischer Grundsatz ist es, die Terrassenflächen mit einem leichten talseitigen Gefälle herzustellen. Hintergrund hierfür ist es, wassergesteuerten Böschungsinstabilitäten vorzubeugen.



Abb. 11: Die Querterrassen in Serrig weisen zum Teil Tiefpunkte auf (s. Bildhintergrund), so dass dort Oberflächenwasser örtlich konzentriert versickern kann. Dies ist aus Hangstabilitätsgründen zu vermeiden. Auch auf diesem Bild sind höhenlinienparallele Abrisse zu sehen (Foto: DLR Mosel, Dienst-sitz Trier, 2008).

Beide vorgenannten Regeln werden aus Sicht der Kulturverwaltung sowie Winzerschaft bewusst in Frage gestellt. Tatsächlich wurde bei verschiedenen Querterrassierungen auf Entwässerungseinrichtungen verzichtet und die Terrassenoberflächen mit einem bergseitigen Gefälle ausgestattet (PORTEN & TREIS 2006, GANTER 2008). Hier ist es das Ziel, möglichst viel Wasser den Reben zur Verfügung zu stellen. Praktische Erfahrungen zeigen, dass entgegen der „Theorie“ zumindest bei frisch angelegten Böschungen mit bergseits einfallenden Terrassen Erosionsschäden vermindert werden. Für die Themen Behandlung des Oberflächenwassers sowie Gefällerrichtung der Einzelterrassen besteht noch Forschungsbedarf. Beeinflussende Faktoren hierbei sind unter anderem das Wasserspeichervermögen des Boden (nutzbare Feldkapazität) sowie die mutmaßlich unterschiedliche Scherfestigkeit der Böden auf der Terrasseninnenseite (Anschnitt im Anstehenden) bzw. Terrassenaußenseite (umgelagerter Boden). Idealerweise sollten jeweils in einem Weinberg verschiedene Ansätze zum Sammeln von Erfahrungen getestet werden.

Aus geotechnischer Sicht problematisch ist auch die zum Teil gewünschte künstliche Bewässerung von Weinbergen. Unumstritten sind dagegen die Prinzipien, die Terrassen so zu gestalten, dass keine Senken vorhanden sind und das Oberflächenwasser möglichst gleichmäßig verteilt wird.



Abb. 12: Schadensbild der Querterrassierung in Linz am Rhein. Das Foto zeigt eine höhenlinienparallele Spalte mit einer Öffnungsweite sowie einem vertikalen Versatz von jeweils etwa 10 cm (Foto: U. SCHROEDER 2008).

### 5.3. Deckschichtenmächtigkeit und Felsklippen

Die Deckschichtenmächtigkeiten müssen für eine Querterrassierung ausreichen. Wenn die Terrassen geschoben werden, würden örtlich aufragende Felsen stören. PORTEN & TREIS (2006) geben eine Mindestmächtigkeit des Bodens zwischen 0,6 m bis 1,0 m an. Eventuell vorhandene Felsklippen und Vorsprünge sind nach Möglichkeit zu belassen, um der Ausbildung durchgehender Gleitflächen entgegen zu wirken (s. Abb. 13, rechtes Bild). Für die Entscheidung, ob eine Querterrassierung möglich ist, ist gegebenenfalls die Tiefe des Felsens – die sogenannte Felslinie – zu erkunden.

### 5.4. Hang- und Böschungsneigung

Wie schon aus dem Prinzipschnitt der Abb. 6 hervor geht, ist bei Querterrassen die Böschungsneigung (Gefälle der Böschungen zwischen den Einzelterrassen) stets steiler als die Hangneigung (Gefälle des Gesamthangs). Sowohl die Hang- als auch die Böschungsneigung hängen insbesondere von den geotechnischen und hydrogeologischen Gegebenheiten ab. Sofern keine unterstützenden Maßnahmen ergriffen werden, können auf Dauer keine übersteilen Böschungen gehalten werden. Einige boden-/gesteinsspezifischen oberen Grenzwerte der Hangneigung sind in der Tab. 1 angegeben.

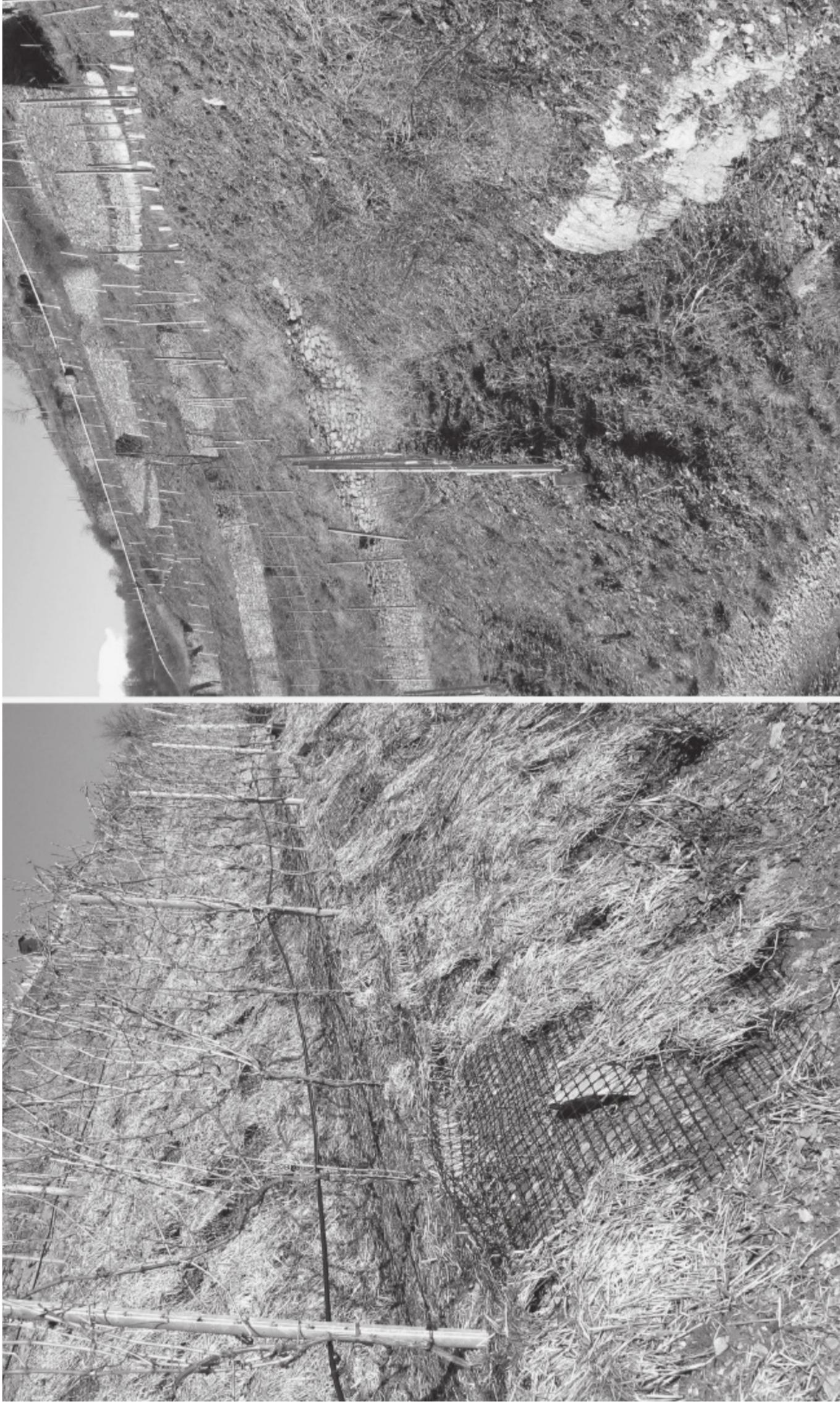


Abb. 13: Querterrassen in Oberwesel (Mittelrhein). Im rechten Bild ist im Vordergrund eine örtliche Auftragung von Tonschiefer-Fels (helle Fläche) zu sehen. Bei größerer Verbreitung solcher Felsnasen kann die Anlage von Querterrassen unmöglich werden. Das linke Bild zeigt eine Abdeckung der Böschungsoberfläche mit einem Geogitter aus Kunststoff sowie Stroh. Da das Geogitter nicht durchgehend direkt aufliegt, konnte das Stroh abgeschwemmt werden. Solche Erosionsschutzmaßnahmen können bis zur Etablierung einer Begrünung sinnvoll sein (Fotos: A. WEHINGER 2008).

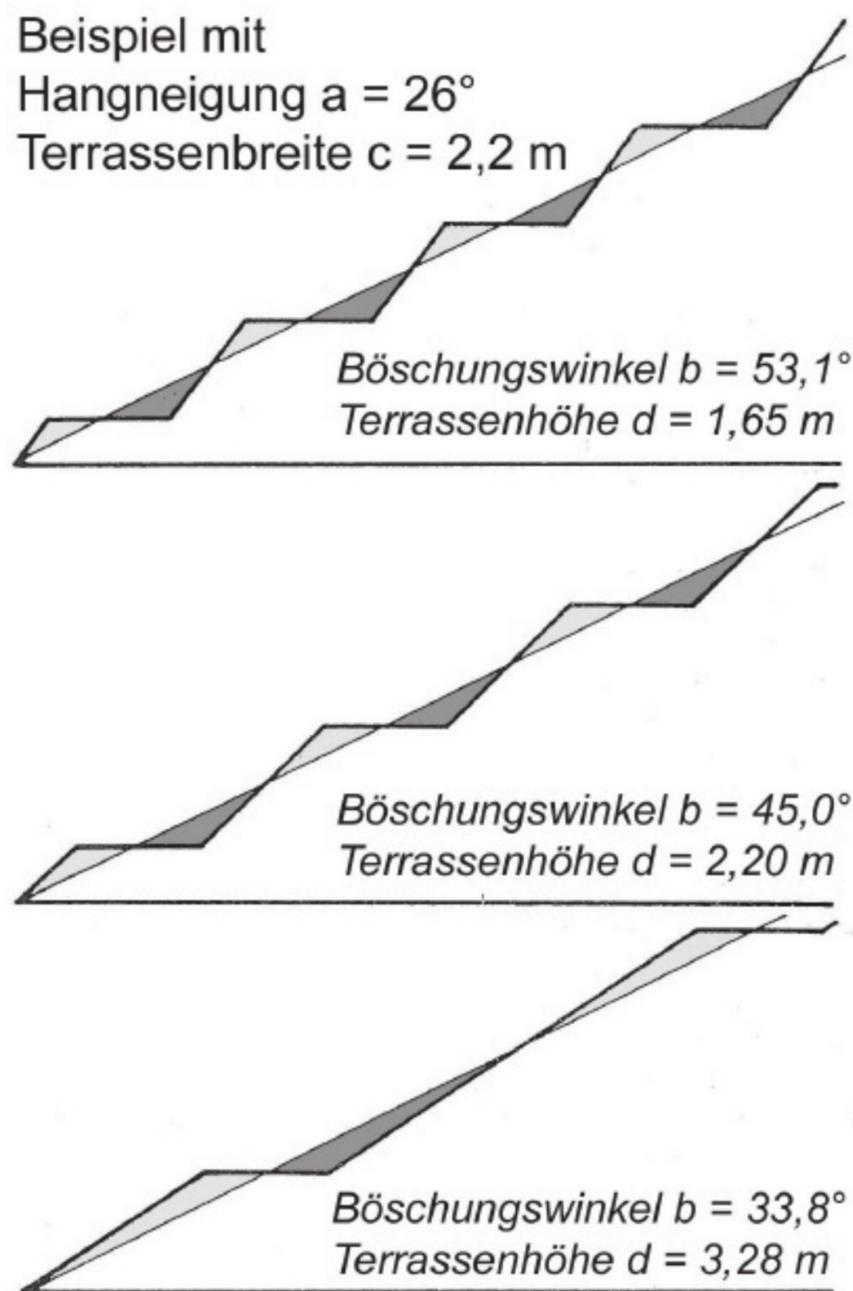


Abb. 14: Prinzipschnitte für variable Böschungsneigungen bei gleichbleibender Hangneigung und Terrassenbreite. Die Schnitte zeigen, dass mit abnehmender Terrassenhöhe, das heißt zunehmender Wirtschaftlichkeit, die resultierende Böschungsneigung zunimmt. Die Machbarkeit hängt insbesondere von der Scherfestigkeit des anstehenden Bodens ab. Die Abtragungsbereiche sind dunkelgrau und die Auffüllungsbereiche sind hellgrau eingefärbt (Grafik verändert nach LEIMBROCK 1984).

### Hangneigungen

Die sich natürlich einstellenden Hangneigungen entsprechen häufig etwa dem Grenzgleichgewicht ( $\eta =$  etwa 1,0-1,1; HÄFNER 1983). Sofern ein Mindestmaß an Stand-sicherheit vorhanden sein soll, sind die Böschungen flacher zu halten. Im Rheinischen Schiefergebirge beträgt erfahrungsgemäß der obere Grenzwert der Hangneigung etwa  $38^\circ$ . Bei einer rechnerischen Sicherheit von etwa  $\eta = 1,25$  wäre eine Ausgangsböschung mit einer Neigung von  $38^\circ$  auf etwa  $30^\circ$  abzuflachen. Tatsächlich geben PORTEN & TREIS (2006) an, dass Querterrassierungen in Hängen mit Steigungen von 35 bis 60 % Steigung, das sind etwa  $19$  bis  $31^\circ$  Neigung, am sinnvollsten sind (gilt für Untermosel und Mittelrhein), so dass die vorgenannte maximale Hangneigung bestätigt wird.

### Böschungsneigungen

Auf Grund der im Vergleich zum Gesamthang sehr viel geringeren Höhe und des in der Regel vorhandenen Bewuchses sind die Einzelböschungen auch bei steileren

Neigungen stabil. Die bisherige Praxis von Querterrassierungen im Schiefergebirge zeigt, dass häufig noch Böschungsneigungen von bis zu 45° (1:1) dauerhaft stand-sicher sind. Das Beispiel der Abb. 7 zeigt, dass Neigungen von über 45° jedoch nicht überschritten werden sollten.

Bei der Anlage von Querterrassen ist stets zwischen (geotechnischer) Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit abzuwägen. Die Prinzipschnitte der Abb. 14 zeigen, dass um so mehr Querterrassen pro Hektar hergestellt werden können, je steiler die Einzelböschungen angelegt werden. Je steiler die Einzelböschungen, desto scherfester muss der anstehende Boden sein. Oder anders formuliert: Je geringer standfest der anstehende Boden, umso höher werden die notwendigen Böschungen.

Ingesamt ist festzustellen, dass an diesem Punkt noch weiterer Erfahrungs- und Forschungsbedarf besteht. Welche Neigungen auf Dauer stabil sind, hängt außer vom Boden auch von der Exposition, den Witterungsbedingungen und nicht zuletzt von der Begrünung der Böschungen ab.

### 5.5. Erdbau, Herstellen der Querterrassen

Erdarbeiten in hängigem Gelände stellen grundsätzlich eine Herausforderung dar. Einschlägige Erfahrungen zeigen, dass nur entsprechend erfahrene Firmen solche Arbeiten durchführen sollten. Um mögliche Hanginstabilitäten durch die Erdarbeiten nicht zu provozieren, sollten insbesondere folgende **Grundsätze** über allen Einzelmaßnahmen stehen:

1) **Der Verlauf bzw. die Geometrie der Querterrassen ist an das vorhandene Gelände anzupassen.** Alle Arbeiten sind „mit“ dem Gelände bzw. dem vorhandenen Boden und nicht „gegen“ die natürlichen Gegebenheiten auszuführen. Die Einzelterrassen sind im gewachsenen Boden anzulegen. Bei kleinräumig wechselnden Hangneigungen sollten oder können keine Querterrassen mit einheitlicher Geometrie hergestellt werden.

2) **Ein Massenausgleich ist anzustreben.** Das Gesamtgewicht aber auch die Verteilung der Bodenmassen sollten im Hang nach den Terrassierungsarbeiten nicht wesentlich vom Ausgangszustand abweichen.

An Erdbaugeräten werden für die Herstellung von Querterrassen entweder Schreitbagger (Stelzenbagger) oder die Kombination Planier-raupe/Raupenbagger genutzt. Welches Gerät zum Einsatz kommt, hängt von den jeweiligen Randbedingungen ab. So können unregelmäßig geformte Hangabschnitte oder schmale und/oder sehr steile Grundstücke eher von einem Schreitbagger terrassiert werden. Größere Flächen mit vergleichsweise großen Terrassenlängen sind in der Regel von Planier-raupe/Raupenbagger schneller umzugestalten. Deren Flächenleistung beträgt bei günstigen Randbedingungen bis zu etwa 0,5 Hektar je Arbeitstag und Raupen-Bagger-Paar. Für die effektive Formung der Einzelböschungen hat sich eine Baggerschaufel in Parallelogramm-Form bewährt. Grundsätzlich lässt sich mit der Kombination Planier-raupe/Raupenbagger der eingebaute Boden besser verdichten, so dass diese Technik in der Regel zu bevorzugen ist. Die Praxis hat gezeigt, dass es besser ist, die Terrassen von oben nach unten zu bauen. So kann das anfallende Material auf den unterhalb liegenden Terrassen eingebaut werden (JÖRGER et al. 2008).

Im Unterschied zu anderen Erdbauwerken, wie zum Beispiel Flussdeichen, gibt es kein allgemein gültiges Regelwerk für die Anlage von Querterrassen. Im Gegenteil: Je nach Standpunkt gibt es sogar widersprüchliche Interessen. So ist beispielsweise aus bodenkundlicher Sicht eine getrennte Behandlung des Oberbodens bzw. der verschiedenen Bodenhorizonte anzustreben. Tatsächlich wird nach gängiger Praxis der Ober-

boden zusammen mit dem übrigen Boden abgetragen und mehr oder weniger gut durchmischt wieder eingebaut (WEHINGER & SPIES 2008).

Unabhängig hiervon gelten für alle Erdbauwerke, die gewisse Mindeststandards einhalten sollen, prinzipielle technische Regeln. So sind die Arbeiten auf die verschiedenen ausgeprägte Witterungs- und Bewegungsempfindlichkeit der Böden hin anzupassen. Es dürfen beispielsweise Böden der Bodenklasse 4 nach DIN 18300 (zum Beispiel Deck- und Hanglehme) im durchnässten Zustand nicht direkt befahren werden. Grundsätzlich sollten keine aufgeweichten Böden im Erdplanum anstehen oder erst durch den Erdbau geschaffen werden. Weiter ist ein Verzahnungseffekt zwischen den verschiedenen Einheiten zu gewährleisten. Hierzu kann es unter Umständen sinnvoll sein, aufgeweichte oder gering scherfeste Böden abzutragen oder zu stabilisieren (z.B. durch das Eindrücken von Grobkorn). Der umzulagernde Boden besteht idealer Weise aus weitgestuften Materialien, die eine ausreichende Scherfestigkeit und Durchlässigkeit aufweisen.

Um eine ausreichende Verdichtung zu erreichen, muss das Bodenmaterial eine gewisse Grundfeuchtigkeit aufweisen. Weder zu trockener noch zu nasser Boden ist für die Anlage von Erdbauwerken geeignet. Geeignete Witterungsbedingungen sind in der Regel im späten Frühjahr gegeben. Zu diesem Zeitpunkt bestehen auch die besten Bedingungen für eine Begrünung (siehe auch PORTEN & TREIS 2006). Versuchsweise im Winterhalbjahr durchgeführten Querterrassierungen ergaben keine befriedigenden Ergebnisse.

In der Summe ist festzustellen, dass es für einige technische Parameter offensichtlich optimale Werte bzw. Wertebereich gibt, die weder über- noch unterschritten werden sollen. So ist zwar ein Mindestgehalt an Feinboden gewünscht, um ausreichend Wasser speichern können, andererseits kann ein zu hoher Feinbodenanteil die Scherfestigkeit und Wasserdurchlässigkeit zu sehr abmindern. Entsprechendes gilt für die zu erreichende Verdichtung der Terrassenböden. Auf die Angabe von Zahlenwerten wird hier bewusst verzichtet. Insgesamt besteht für das Thema Erdarbeiten noch Forschungs- bzw. Klärungsbedarf.

### 5.6. Erschließung

Die Durchführbarkeit einer Querterrassierung hängt auch vom Zuschnitt der zur Verfügung stehenden Parzellen und den Erschließungsmöglichkeiten ab. Es muss Platz für Verbindungswege und/oder Wendemöglichkeiten, wie Wendeplatten, geben. Der höhenmäßige Übergang zu Nachbarflächen, die unter Umständen keine Querterrassen aufweisen, muss gestaltbar sein (Abb. 15).

### 5.7. Begrünung, Erosionsschutz, Stützmaßnahmen

Die bei den Terrassierungsarbeiten neu entstandenen Böschungen sind vor allem während und unmittelbar nach dem Bau besonders empfindlich gegenüber Witterungseinflüssen bzw. Erosion. Starkregen können frisch angelegte Böschungen wieder zerstören. Die einfachste Stabilisierungsmethode ist eine möglichst schnell wachsende Begrünung. Bis sich ein schützender Bewuchs etabliert hat, können in Abhängigkeit von den Randbedingungen (Neigung, Boden, Exposition, Klima) unterstützende Maßnahmen sinnvoll sein. Hierzu gehören beispielsweise eine Andeckung mit Stroh oder andere Erosionsschutzmaßnahmen wie eine vorübergehende Geotextilabdeckung (s. Abb. 13, linkes Bild). Die Geotextilabdeckung kann in höheren Steilböschungen mit Erdankern nach dem Kippdübelprinzip befestigt werden. Dieses Verfahren erfordert keinen Einsatz von Injektionsgut und ist gegenüber herkömmlichen Verfahren günstig und ohne Spezialkenntnisse einzusetzen.



Abb. 15: Querterrassen bei Koblenz-Lay (Untermosel). Die einzelnen Terrassen werden durch einen Verbindungsweg erschlossen. Das auf der linken Seite angrenzende Gelände ist in Falllinie bewirtschaftet. Am Übergang zwischen den beiden Bewirtschaftungsformen wurde eine weitere Böschung erforderlich. Im Oberhang besteht eine traditionelle Terrassenanlage mit Anordnung der Rebzeilen in Falllinie (Foto: A. WEHINGER 2008).

Ein weiteres Mittel zur Vorbeugung von Erosionsschäden frisch angelegter Böschungen sind möglicherweise vorübergehende Vorkehrungen zum kontrollierten Abfluss von Oberflächen- und Niederschlagswasser, wie zum Beispiel halbseitig geschlitzte Drainagerohre. GANTER (2008) empfiehlt die Terrassen mit einem bergseitigen Gefälle von 2 bis 3 % anzulegen, so dass kein Wasser über die Böschungen läuft. Dies ist jedoch in Hanglagen mit Stabilitätsproblemen kritisch zu beurteilen – hier stehen sich das Interesse an einer globalen Hangstabilität und die Beachtung des Erosionsschutzes gegenüber (s. auch Kap. 4.2.).

## 6. Schlussbemerkungen

Schon auf Grund der geringen Zahl der bislang in Rheinland-Pfalz durchgeführten Querterrassierungen sowie der wechselnden Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel den geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten, ist jedes Einzelverfahren für sich zu betrachten und die Machbarkeit bzw. die notwendigen Maßnahmen sind individuell zu klären. Die bei jeder Querterrassierung gemachten Erfahrungen sind unbedingt auszuwerten und bei zukünftigen Vorhaben zu berücksichtigen. Es besteht ein

Forschungsbedarf sowie die Notwendigkeit eines fachlichen Austausches zwischen den verschiedenen Beteiligten. Hierzu soll auch die vorliegende Arbeit dienen.

Wichtig ist das Bewusstsein, dass jede Terrassierung ein Eingriff in die natürlichen Stabilitätsverhältnisse darstellt. Wegen des noch nicht umfassenden Kenntnis- und Erfahrungsstandes besteht im Vergleich zu alt eingeführten Bauverfahren ein ungleich höheres Schadensrisiko. Die Erdarbeiten sind prinzipiell von Erdbauunternehmen mit entsprechender Erfahrung auszuführen. Grundsätzlich sollten Querterrassierungen durch Geotechniker und kompetente Fachplaner begleitet werden. Eine gründliche Planung ist unbedingt erforderlich.

### Schriften

- DLR Mosel (2006): Niederschrift zur Flurbereinigung Serrig vom 18.05.2006 (Az. S 6111-01 bzw. Az. 3322/0766/06). DLR Mosel, Dienstsitz Trier. – [unveröff.].
- (2008): Flurbereinigung Serrig – Niederschrift zur Besichtigung der Querterrassen und Möglichkeiten der Sanierung der Erosionsschäden vom 21.02.2008 (Az. S 6111-01 bzw. Az. 3322/0766/06). DLR Mosel, Dienstsitz Trier. – [unveröff.].
- FUCHS, B. & TREIS, F.-J. (2006): Der Quereinsteiger an der Mosel – So ist die Arbeit in Steillagen leichter. – *Innovino*, 1/2006, S. 4-7, (Bayer CropScience Deutschland), Langenfeld.
- GANTER, B. (2008): Grundsätzliche Überlegungen zum Bau von Kleinterrassen. – *KTBL-Schrift*, 465, S. 27-32, 5 Abb., (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) Darmstadt.
- HÄFNER, F. (1983): Planierungen von Rebflächen – aus geologischer und hydrogeologischer Sicht. – In: Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Monographie Flurbereinigung und Landwirtschaft. Fachtagung der Landeskulturverwaltung Rheinland-Pfalz am 07./08.10.1982, S. 106-115, Mainz.
- JAHNEL, CH. & KRAUTER, E. (1981): Ingenieurgeologische Probleme bei Weinbergsflurbereinigungen in Hanglagen – Erfahrungen aus Rheinland-Pfalz. – *Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung*, 22, S. 39-50, 6 Abb., (Paul Parey) Berlin, Hamburg.
- JÖRGER, V. & SCHREIECK, P. & HUBER, G. & LITTEK, T. (2008): Arbeitstechniken der Kleinterrassenbewirtschaftung mit arbeits-, betriebswirtschaftlichen und pflanzenbaulichen Daten. – *KTBL-Schrift*, 465, S. 51-105, 24 Abb., 12 Tab., (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) Darmstadt.
- LEIMBROCK, F. (1984): Möglichkeiten der Querterrassierung im Steillagenweinbau. Diss. Univ. Gießen, 181 S., Gießen.
- PORTEN, M. & TREIS, F.J. (2006): Querterrassierung – Die Rettung der Steillagen? – *Das deutsche Weinmagazin*, 11/2006, S. 22-29, 13 Abb., (Dr. Fraund) Mainz.
- ROGALL, M. & MÖBUS, H.-M. (2005): Hangstabilitätskarte Mittelmosel 1 : 20 000 – Bereich Bernkastel-Kues und Erl., 30 S., 10 Abb., (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz) Mainz.
- ROGALL, M. & SCHMITT, S.-O. (2005): Hangstabilitätskarte des linksrheinischen Mainzer Beckens 1 : 50 000. 2. Aufl., (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz) Mainz.
- SCHROEDER, U. (2001-2002): Geotechnische Berichte zu einer Rutschung in der Gemarkung Piesport (Az. 32/382/01). Archiv, 6107, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröff.].
- (2005): Geotechnische Lagebewertung zum Schadensfall bergseits Am Heyerberg 17 in Koblenz-Güls (Az. 3322/0653/05). Archiv, 5611, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröff.].

- (2008): Geotechnische Stellungnahme zur Querterrassierung im Bereich „Rheinhölle“ in Linz am Rhein (Az. 3322/0551/08). Archiv, 5409, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz. – [unveröff.].

WEHINGER, A. & SPIES, E.-D. (2008): Geotechnische und bodenkundliche Anforderungen bei Querterrassierungen. – KTBL-Schrift, **465**, S. 13-24, 3 Abb., 1 Tab., (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) Darmstadt.

Anschrift der Autoren:

Diplom-Geologe ANSGAR WEHINGER,  
Diplom-Geologe UWE SCHROEDER,  
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz,  
Emy-Roeder-Straße 5, D-55129 Mainz.

Manuskript eingegangen am 17.6.2008