

Integrated risk management of natural hazards by the railway Company BLS Netz AG

Hans-Heini Utelli, dipl. Natw. ETH¹, Geologe; Christian Pfammatter, dipl. Forst. Ing. ETH²; Franz Kuster, dipl. Geograph³

ABSTRACT

The routes of the BLS railway cross the alps and are exposed to gravitational natural hazards. In order not to injure the protection goal for travelers, the railway company BLS Netz AG has implemented numerous structural, silvicultural and organizational measures. Thanks to a risk analysis and the subsequent integral planning of measures those sections are protected where the risk and the cost-benefit difference of measures or combination thereof are high. The so reached security level is as long as possible held with a long-term conservation plan for all protective structures, the maintenance of protective forests and the monitoring of rock instability. The security level should be periodically checked with a renewed risk analysis.

KEYWORDS

railway; gravitational hazards; risk analysis; integrated planning of measures; long-term conservation plan

EINFÜHRUNG

Die Bahnlinie der BLS Netz AG in den Berner Alpen zwischen Frutigen und Kandersteg (Schweiz) ist eine für den nationalen und internationalen Verkehr wichtige Eisenbahnverbindung. Sie ist - wie andere Bahnlinien in den Alpen auch - auf verschiedenen Abschnitten durch gravitative Naturgefahren betroffen. In der Vergangenheit wurden bereits umfangreiche Massnahmen zum Schutz gegen Naturgefahren ergriffen. Dennoch bleibt die Strecke vor allem durch Stein- und Blockschlag, Felssturz, Überschwemmung oder Übersarung, Lawinen und Übermürung gefährdet. (siehe Abb. 1 auf Folgeseite)

Die BLS Netz AG beabsichtigt eine ausreichende Sicherheit auf dieser Strecke dauerhaft zu gewährleisten. Die Strategie dazu basiert auf den folgenden Elementen, die in den nächsten Kapiteln näher erläutert werden:

- Periodische Analyse und Bewertung des IST-Zustandes hinsichtlich Gefährdung und Risiken.
- Konsequente Umsetzung der integralen Massnahmenplanung mit:
 - a) Evaluation und Planung von zusätzlichen baulichen, waldbaulichen und / oder organisatorischen Schutzmassnahmen auf der Basis von Nutzen-Kosten-Überlegungen,
 - b) Erhalt der bestehenden wie auch der in Zukunft zu erstellenden Schutzbauten sowie Pflege der Schutzwälder.

1 IMPULS AG Wald Landschaft Naturgefahren, Thun, SWITZERLAND, hans-heini.utelli@impulsthun.ch

2 Amt für Wald Kanton Bern, Abteilung Naturgefahren

3 BLS Netz AG

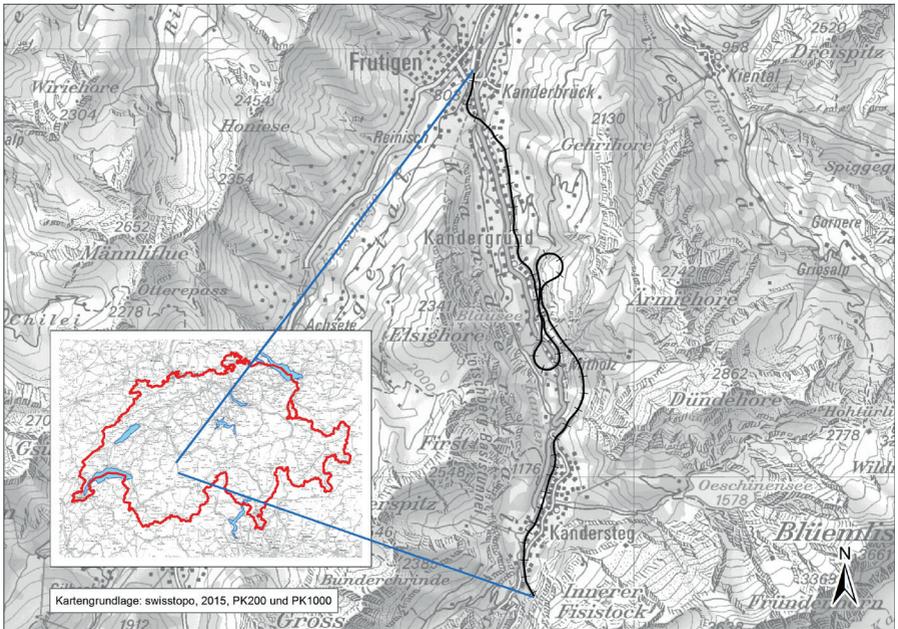


Abbildung 1: Übersicht über die Bahnlinie der BLS Netz AG zwischen Frutigen und Kandersteg im Berner Oberland, Schweiz.

PROBLEMATIK

Risikoentwicklung ohne Massnahmen

Auf der BLS -Linie Frutigen – Kandersteg wird das durch gravitative Naturgefahren ausgelöste kollektive Personen- und Sachrisiko unabhängig von den Veränderungen in den Gefahrenprozessen zunehmen

- a) weil Zugfrequenzen und Passagierzahlen sowie die Ansprüche an die Verfügbarkeit auch im öffentlichen Verkehr in den nächsten Jahren zunehmen und
- b) weil sich der Zustand der bestehenden Schutzbauten ohne gezieltes Unterhaltsmanagement verschlechtern wird und somit deren Zuverlässigkeit abnimmt. Wenn dadurch Ereignisse nicht mehr von den Schutzbauten aufgehalten werden, werden Schäden durch Naturereignisse an Personen und Infrastruktur wieder wahrscheinlicher (siehe Abbildung 2).

Verletztes Schutzziel?

Die BLS Netz AG will sicherstellen, dass die Passagiere auf der Bahnstrecke Frutigen-Kandersteg keinem zu hohen Risiko ausgesetzt sind: das vom Kanton Bern definierte und von der BLS mitgetragene Schutzziel für einen typischer Pendler, welcher diese Bahnstrecke zwei Mal pro Tag benützt, soll nicht verletzt werden. Deshalb will die Bahn diese Risiken kennen und falls das Schutzziel verletzt ist, wissen wo Massnahmen am effizientesten umzusetzen sind.

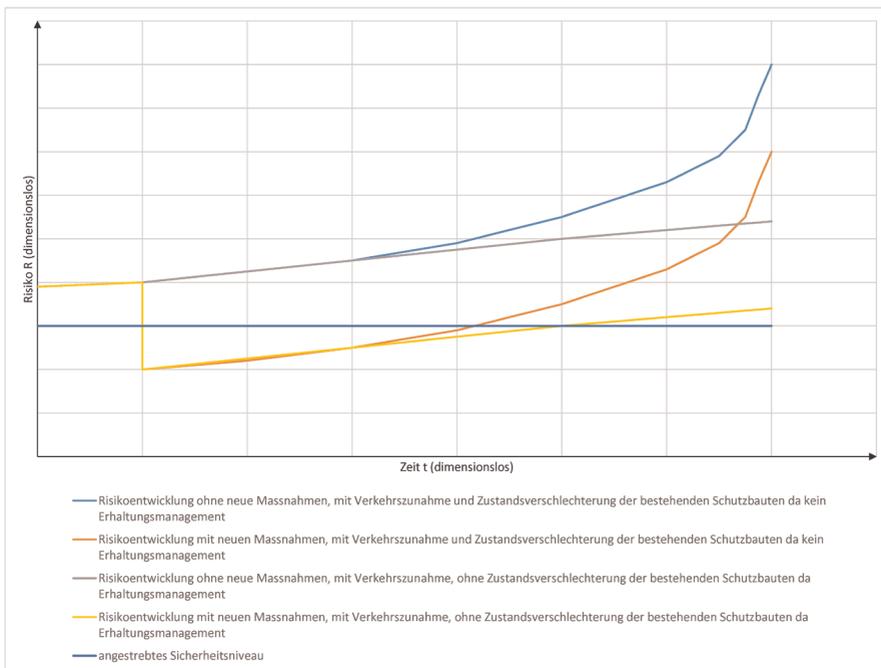


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Risikoentwicklung entlang einer Verkehrsachse aufgrund unterschiedlicher Handlungsoptionen.

METHODEN

Risikoanalyse und -bewertung

Um feststellen zu können, ob die Sicherheit auf dem Schienennetz der BLS Netz AG ausreichend ist, müssen zuerst die Gefährdung und das daraus resultierende Risiko im IST-Zustand wie auch der Soll-Zustand bekannt sein. Um den IST-Zustand zu erfassen liess die BLS Netz AG eine Vorstudie ausarbeiten, um eine Übersicht über die bestehende Gefährdung und die daraus resultierenden Risiken für Menschen und Sachwerte zu erlangen. Für die Gefahrenbeurteilung wurden sämtliche Einzugs- oder Liefergebiete von Naturgefahrenprozessen berücksichtigt, welche die Bahnlinie betreffen können. Die Ausarbeitung der Gefahren- und Risikoanalyse erfolgte nach dem Risikokonzept der nationalen Plattform Naturgefahren (PLANAT) (Bründl, 2009) und lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Bestimmung der Liefergebiete und Definition der Szenarien für die Prozesse Sturz, Wasser, Lawinen und Rutschungen
- Bestimmung der massgebenden Einwirkung entlang des Gleises in Form von Intensitätskarten für die spezifischen Szenarien
- Erfassung von Details des Schadenpotenzials durch BLS Netz AG (Zugsfrequenz, Fahrgeschwindigkeit, Besetzungsgrad, Fahrgeschwindigkeit, usw.)

- Bestimmung des Risikos streckenbezogen und für jede Prozessquelle

Die Wirkung der bestehenden Schutzbauten, der bestehenden organisatorischen Überwachungsmaßnahmen und des Schutzwaldes sind in die Beurteilung der Gefährdung und der Risiken eingeflossen. In der Risikoanalyse wurden folgende Schadenbilder berücksichtigt:

- Schäden an Personen (Passagiere und Zugpersonal) → Personenrisiken
- Schäden infolge Räumung und Wiederherstellung der Gleisanlagen und dazugehöriger Infrastruktur → Sachrisiko Räumung und Wiederherstellung
- Schäden am Rollmaterial → Sachrisiko Rollmaterial
- Kosten für Ersatzbusbetrieb → Risiko Verfügbarkeit

Mögliche Kollisionen mit einem Gegenzug nach einer Entgleisung wurden zwar evaluiert, aber in der Risikoanalyse nicht berücksichtigt. Zur Aufsummierung von Personen- und Sachrisiken wurde das kollektive Personenrisiko mit dem Grenzkostenansatz von 5 Mio. CHF pro statistischen Todesfall monetarisiert (Bründl, 2009).

Mit der Risiko- und Massnahmenbewertung wird der SOLL-Zustand definiert. Die Risikostrategie der BLS Netz AG sieht - gestützt auf die Vorgaben des Kantons Bern - vor, dass das durch Naturgefahren verursachte zusätzliche individuelle Todesfallrisiko für Bahnreisende nicht mehr als 1×10^{-5} / Jahr betragen soll (=Schutzziel).

Integrale Massnahmenplanung

Massnahmen sollen nur dann geplant werden, wenn das Schutzziel verletzt ist. Im Rahmen der oben erwähnten Vorstudie wurden deswegen Massnahmenkonzepte gestützt auf die obigen Vorgaben für diejenigen Stellen ausgearbeitet, wo das Risiko am grössten ist. Gibt es für eine Gefahrenstelle mehrere Handlungsoptionen, so soll diejenige Massnahme oder Massnahmenkombination gewählt werden, die die grösste Nutzen-Kosten-Differenz aufweist und die auch mit den weiteren Kriterien im Sinne der Nachhaltigkeit im Einklang steht. Die Berechnung des Nutzens wie auch die Aufrechnung der jährlichen Kosten erfolgt nach dem Ansatz des Risikokonzeptes der PLANAT (Bründl, 2009). Für die Wahl der richtigen Schutzmassnahme sind vertiefte Prozesskenntnisse wie auch Kenntnis der lokalen Gegebenheiten vor Ort einerseits und Kenntnisse über die Wirkungsweise und Kosten der Massnahmentypen andererseits notwendig.

ERGEBNISSE

Risikoanalyse und -bewertung

Der im Detail untersuchte Streckenabschnitt (siehe Abbildung 1) verläuft zwischen Frutigen und Kandersteg (km 13.5 bis km 33.7). Auf der rund 20 km langen untersuchten Strecke sind 15 km von Naturgefahren aus total 77 verschiedenen Prozessquellen betroffen.

Die mit dem Grenzkostenansatz monetarisierten, kollektiven Personenrisiken machen rund 2/3 und die Sachrisiken rund 1/3 des Gesamtrisikos aus. Die Aufteilung der Risiken auf die verschiedenen Schadenarten zeigt, dass die Personenrisiken, im Zusammenhang mit Sturzereignissen dominieren (rund 55% des Gesamtrisikos). Demgegenüber verursachen die

Wasser- und Lawinenprozesse in erster Linie Sachrisiken infolge Räumung und Wiederherstellung der Infrastruktur. Die Schäden am Rollmaterial sind über alles gesehen untergeordnet (rund 15%); sie entstehen vor allem bei der Kollision mit abgelagertem Sturzmaterial. Die Risiken infolge Verfügbarkeit machen insgesamt nur rund 6% aus; sie entstehen in erster Linie nach Sperrungen infolge eines Ereignisses. Die Ergebnisse der Risikoanalyse zeigten hinsichtlich Schadenhäufigkeit eine gute Übereinstimmung mit dem Unfallgeschehen infolge Naturgefahren auf dieser Strecke. Die Zahlen zum Schadenausmass liessen sich nicht vergleichen, da die entsprechenden Zahlen aus der Vergangenheit fehlten. Aufgrund der bisherigen Unfallbilder wird das Schadenausmass in der Risikoanalyse vermutlich eher überschätzt. Das Schutzziel des individuellen Todesfallrisikos wird im IST-Zustand nicht erreicht, der Wert ist um einen Faktor 6 zu hoch. Dank der Analyse konnten besonders risikoreiche Streckenabschnitte und Liefergebiete identifiziert und für die Massnahmenplanung priorisiert werden.

ERREICHEN DES ANGESTREBTEN SICHERHEITSNIVEAU MIT INTEGRALER KOMBINATION NEUER SCHUTZMASSNAHMEN

Da das angestrebte Schutzniveau im IST-Zustand nicht erreicht wird, muss das Risiko reduziert werden. Dies kann durch neue Schutzmassnahmen geschehen. In der Planung stellte sich an verschiedenen Stellen heraus, dass bauliche Systeme in diesem steilen Gelände entweder nicht realisierbar (z. B. Steinschlagschutzdämme), in ihrer Wirkung begrenzt (z. B. Steinschlagschutznetze) oder finanziell sehr aufwändig (z. B. verstärkte Galerien, Tunnels) sind und deswegen nicht zur Umsetzung empfohlen werden können. An diesen Stellen sind Überwachungsmassnahmen, z. T in Kombination mit den bestehenden baulichen Massnahmen die kostenwirksamste Lösung. Das angestrebte Schutzziel kann nur erreicht werden, wenn alle möglichen Massnahmentypen sowie deren Kombination berücksichtigt werden (siehe auch Abbildung 5):

- Bauliche Massnahmen: Neubau von Schutzbauwerken im Umfang von 3 Mio CHF für den Zeitraum 2013 - 2017
- Organisatorische Massnahmen: Messtechnische wie auch manuelle Überwachung von Felsinstabilitäten (vgl. Gruner & Utelli 2016) und Reinigung von gleisnahen Felswänden
- Organisatorische Massnahmen: Elektrische Überwachung der linearen Schutzbauwerke entlang des Trassees

Im Folgenden soll der letzte Massnahmentyp erläutert werden, da damit das Personenrisiko, welches den grössten Anteil des Risikos ausmacht, sehr effizient reduziert werden kann.

Elektrische Reissdraht-Überwachung

Auf vielen Streckenabschnitten ist beim Personenrisiko das Schadenbild "Kollision mit abgelagertem Sturzmaterial" dominierend. Deswegen erwies sich dort die Überwachung von bestehenden oder neuen Schutzbauwerken als sehr effiziente und auch effektive Massnahme. Die Überwachung detektiert Ereignisse, die die Kapazität der Schutzmassnahme überschrit-

ten, diese durchschlagen und sich auf dem Gleis abgelagert haben (siehe Abbildung 3). Der nächste heranfahrende Zug wird gestoppt und mit Fahrt auf Sicht durch den betroffenen Streckenabschnitt geleitet, so dass jederzeit eine Bremsung möglich ist und somit eine Kollision verhindert werden kann. Das Risiko für Zugspendler wird damit signifikant gesenkt. Parallel dazu kontrolliert eine Equipe der BLS Netz AG die Schadenstelle und kann gegebenenfalls weitere Massnahmen einleiten.



Abbildung 3: Elektrische Überwachung von Schutzbauwerken. Die in den Bremsen oder im Bauwerk eingebauten Drähte reißen im Überlastfall und leiten ein Signal an die Zugsleitzentrale.

FAZIT INTEGRALE KOMBINATION NEUER SCHUTZMASSNAHMEN

Mit den aktuell sich in der Realisierung befindenden zusätzlichen baulichen und organisatorischen Schutzmassnahmen wird das kollektive Risiko um einen Faktor 2, das individuelle Todesfallrisiko um mehr als einen Faktor 4 gesenkt. Rechnerisch wird das individuelle Todesfallrisiko noch bei rund 1.5×10^{-5} / Jahr liegen. Aufgrund verschiedener Unsicherheiten (Gefahren-Szenarien, Wiederkehrperioden von Ereignissen, Unfall-Szenarien, Berücksichtigung organisatorischer Massnahmen etc.) darf die Genauigkeit dieser Berechnung nicht überbewertet werden. Die rechnerisch präzise, abschliessende Antwort auf die Frage nach der

ausreichenden Sicherheit ist darum nicht immer sinnvoll. Weitere bauliche Massnahmen sind hier nicht mehr kostenwirksam. Die Sicherheit wird aber auf alle Fälle erhöht und es darf trotz aller rechnerischen Unsicherheiten angenommen werden, dass die BLS Netz AG auf dieser Strecke heute das angestrebte Sicherheitsniveau wirksam erreicht.

Halten des angestrebten Sicherheitsniveaus mit dem Erhalt von Schutzbauwerken

Um das mit den bisherigen Massnahmen erreichte Schutzniveau dauerhaft sichern zu können, bedarf es eines gezielten Schutzbautenmanagements, bestehend aus einem vollständigen Schutzbautenkataster und der fortwährenden Erhaltungsplanung.

Die BLS hat in ihren beiden Forst- und Felssicherungsequipen seit Jahrzehnten erfahrene Mitarbeitende für die Bauwerksüberwachung und die Unterhaltsarbeiten. In den letzten Jahren konnte mit der einheitlichen Ersterfassung der bestehenden Schutzbauwerke im Gelände und der Ablage in einem Schutzbautenmanagementsystem (geobasierte Datenbank) das Wissen über Lage und Zustand der Bauwerke dauerhaft gesichert und für andere Involvierte zugänglich gemacht werden (siehe Abbildung 4 links): die BLS Netz AG ist auf dem Streckennetz im Kanton Bern für aktuell 750 Schutzbauwerke zuständig.

Die einheitliche Beurteilung des Zustands und des Handlungsbedarfs vor Ort sowie die Abschätzung der geeigneten Unterhaltsmassnahmen ermöglichten es erstmals, ein mehrjähriges integrales Erhaltungsprojekt (vgl. Pfammatter 2016) für das gesamte Berner Streckennetz der BLS Netz AG fundiert auszuarbeiten: im laufenden Erhaltungsprojekt 2012-2016 sind für Instandhaltungen und Instandsetzungen gut CHF 450'000.- budgetiert. Pro Jahr ist die BLS-Forstequipe mehrere Wochen mit Unterhaltsarbeiten in verschiedenen Verbauungsgebieten entlang des Streckennetzes tätig. Aktuell handelt es sich um Instandsetzungen oder Rückbauten von älteren Trockensteinmauern, Ertüchtigungen von Stahl- und Holzbarragen, Instandhaltungen von Netzabdeckungen und Instandsetzungen aller Werktypen nach Ereignissen (siehe Abbildung 4 rechts). Die ausgeführten Arbeiten und die neue Zustandsbeurteilung werden im Schutzbautenmanagementsystem nachgeführt. Nach Abschluss des oben erwähnten Instandsetzungsprojektes sollten sich darin keine Schutzbauwerke mehr in alarmierendem oder in mittelfristig nicht tolerierbarem Zustand befinden. Die Zuverlässigkeit der Verbauungen ist dann bis zum jeweiligen Dimensionierungsszenario hoch. So können die Schutzbauwerke in der Gefahren- und Risikobeurteilung angemessen berücksichtigt werden. Mit dieser umfassenden, bei der BLS institutionalisierten und von Bund und Kanton mit Beiträgen unterstützten Erhaltungsplanung wird sichergestellt, dass die Schutzbauten möglichst lange eine hohe Zuverlässigkeit behalten. (siehe Abbildung 4)

HALTEN DES ANGESTREBTEN SICHERHEITSNIVEAUS MIT DER PFLEGE DER SCHUTZWÄLDER

Ein stabiler Schutzwald ist für den Schutz vor Naturgefahren eine wichtige und oft auch effizienteste Massnahme. Dem war und ist sich die BLS seit dem Bau der Lötschberg-Bergstrecke vor mehr als 100 Jahren bewusst. Deshalb hat sie schon sehr früh grossflächig das Land oberhalb der Gleise erworben und aktiv unbewaldete Gebiete aufgeforstet



Abbildung 4: Die Lage der bestehenden Schutzbauten wird im Gelände mittels GPS erfasst, der Zustand des Bauwerks wird mittels visueller Kontrolle durch Fachleute beurteilt. Das Fundament dieser Betonmauer muss gesichert werden. (links). Diese Blocksteinmauer wurde mit armiertem Ortsbetonfundament und Drahtsteinkorb aufgrund der Zustandsbeurteilung instand gestellt(rechts).

(Schwarz, 1996). Hier wird bis heute konsequent flächig Schutzwaldpflege betrieben. Diese Pflege wird nach der Methode Nachhaltige Pflege im Schutzwald NaiS (Frehner et al, 2005) in Waldbauprojekten geplant und mit jährlicher Festlegung des Arbeitsprogramms durch die eigene Forstsequipe ausgeführt.

FAZIT

Dank der Gefahren- und Risikoanalyse beantwortet die BLS Netz AG periodisch die Frage, ob ein ausreichendes Sicherheitsniveau bezüglich Naturgefahren erreicht ist. Die Risikoanalyse liefert die Grundlage, um Abschnitte und Prozessquellen mit grossen Risiken zu identifizieren, für die integrale Massnahmenplanung zu priorisieren und um Massnahmen hinsichtlich Nutzen-Kosten-Verhältnis zu beurteilen. Die Einhaltung des Schutzziels muss periodisch überprüft werden. Die Überprüfung soll möglichst auf das ganze Streckennetz ausgedehnt werden.

Erst dank der Kombination von baulichen, waldbaulichen und organisatorischen Massnahmen wird das angestrebte Schutzziel erreicht sowie die Verfügbarkeit der Strecke erhöht (siehe Abbildung 5). Um das erreichte Sicherheitsniveau langfristig zu erhalten, müssen der Unterhalt der Schutzbauwerke und die Pflege des Schutzwaldes sichergestellt sein.



Abbildung 5: Das integrale Naturgefahrenmanagement der BLS Netz AG beinhaltet (von oben links im Uhrzeigersinn): Instandhaltung und Instandsetzung von bestehenden Bauwerken, Überwachung von instabilen Felspartien, Überwachung von bestehenden Schutzbauwerken, waldbauliche Massnahmen sowie die punktuelle Ergänzung mit neuen Schutzmassnahmen.

Dank des integralen Lösungsansatzes waren für Bund und Kanton die Voraussetzungen gegeben, um all diese Massnahmen auch finanziell unterstützen zu können.

LITERATUR

- Bründl, M. (Ed.) (2009): Risikokonzept für Naturgefahren (Leitfaden). Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT: 420 S.
- Frehner, M.; Wasser, B.; Schwitler, R. (2005): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. BAFU, Bern: 564 S.
- Gruner, U., Utelli, H.-H. (2016) (in Review): Multiples Früherkennungssystem an Felswänden oberhalb einer Eisenbahnstrecke im Berner Oberland (Schweiz)
- Pfammatter, Chr. (2016): Successful management of protective structures in long-term conservation projects. Interpraevent 2016 Extended Abstract: 3 S.
- Schwarz, W. (1996): Schutz vor Naturgefahren auf der Nordrampe. BLS Lötschbergbahn, Bern: 126 S.