

Ökologische Entwicklung von entsiegelten Flächen am Beispiel von Hettlingen (ZH)

Christine Buser

08-062-481

Betreuung:

Dr. Silvia Tobias

Eidg. Forschungsanstalt WSL

Zürcherstrasse 111

8903 Birmensdorf

silvia.tobias@wsl.ch

Fakultätsvertretung:

Prof. Dr. Markus Egli

Zusammenfassung

Die Landschaftszerschneidung ist eines der grössten Umweltprobleme der heutigen Zeit und hat gleich mehrfach negative Auswirkungen auf die Natur und die Umwelt.

Durch eine Kompensationsmassnahme in Hettlingen wurde eine Strasse aufgebrochen und renaturiert. Anhand dieser sollte ermittelt werden, wie sich die Vernetzungswirkung verändert und sich das Ökosystem seit der Entsiegelung entwickelt hat.

Dies geschah anhand von Biodiversitäts-Index Berechnungen, Bestandsaufnahmen, Ermittlung von Rote Liste Arten und National Prioritären Arten, durchgeführten Interviews mit Fachpersonen, welche sich mit dem Thema und der Situation perfekt auskennen, und der Ermittlung der effektiven Maschenweite bzw. des Zerschneidungsgrades per ArcGIS.

Daraus resultieren Shannon-Index Werte zwischen 1.56 und 2.63 und Evenness-Index Werte zwischen 0.59 und 0.91. Daher handelt es sich verglichen mit den Literaturwerten um ein Magerwiesen-Ruderalflur-Standort-Gemisch mit Fettwiesen- und Fettweiden-Einschlüssen. Das gewünschte Ziel einer Magerwiese ist demnach beinahe erreicht.

Ausserdem wurden sechs Rote Listen Arten, sowie drei National Prioritäre Arten entdeckt.

Die Landschaftszerschneidung in der Region war im Jahr 2002 gegenüber dem Jahr 1980 deutlich stärker, die Werte der effektiven Maschenweite sind in jeglichen Gegenüberstellungen gesunken, der Zerschneidungsgrad hat überall klar zugenommen. Im Vergleich zu dieser Zunahme der Landschaftszerschneidung ist die Vernetzungswirkung des renaturierten Strassenabschnitts verschwindend klein.

Auch wenn nicht besonders viele seltene Arten gefunden wurden, handelt es sich um ein ökologisch wertvolles Ökosystem, da die dynamischen Strukturen im renaturierten Strassenabschnitt ein ideales Habitat für viele Arten darstellt. Nicht nur Flora-, sondern auch diverse Fauna-Arten konnten sich problemlos etablieren. Unter den Fauna-Arten wurden zudem ebenfalls Rote Liste Arten entdeckt, was das Ökosystem durchaus wertvoll erscheinen lässt.

Die Vernetzungswirkung hat sich trotz dem Aufbrechen der N4 nicht verbessert, da die effektive Maschenweite in den letzten Jahren allgemein sehr stark abgenommen hat, besonders im Mittelland gibt es kaum mehr grossräumig unzerschnittene Flächen. Trotzdem sind Rückbaumassnahmen wichtig, denn nur so können neue Versiegelungen kompensiert und Barrierewirkungen aufgehoben werden.

Weiterer Forschungsbedarf besteht durchaus. So wäre es spannend zu wissen, wie sich ein solches Ökosystem entwickelt, wenn beispielsweise der Boden im Vorfeld aufgelockert, Oberboden aufgetragen oder eine lokale Samenmischung ausgebracht worden wäre. Zudem wäre es interessant den renaturierten Strassenabschnitt auch über die nächsten Jahrzehnte und Jahrhunderte zu beobachten um zu sehen, wie er sich weiterentwickelt.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	8
1.1 Hintergrund	8
1.1.1 Strassenrückbau als Kompensation eines Strassenneubaus	8
1.1.2 Artenvielfalt auf Magerwiesen- und Ruderal-Standorten.....	8
1.1.3 Rote Liste Arten	9
1.1.4 National Prioritäre Arten	10
1.1.5 Fragmentierung hat negative Folgen für die Natur und Umwelt.....	10
1.1.6 Hohe Ansprüche an den Raum	12
1.2 Forschungsfragen und Hypothesen.....	12
2 Material und Methode	14
2.1 Das Untersuchungsgebiet.....	14
2.2 Methode	15
2.2.1 Feldaufnahmen.....	16
2.2.1.1 Kartierung.....	16
2.2.1.2 Biodiversitäts-Index.....	17
2.2.1.3 Bodenprofile	18
2.2.1.4 Bestandsaufnahmen.....	18
2.2.2 Interviews	19
2.2.3 GIS-Arbeiten	20
3 Resultate	22
3.1 Bodenprofile	22
3.2 Arten	23
3.3 Shannon-Index.....	26
3.4 Interviews	27
3.4.1 Die Ausgangslage.....	27
3.4.2 Die Ziele des Rückbauprojekts.....	28
3.4.3 Die Umsetzung des Rückbaus.....	28

3.4.4 Pflege	29
3.5 Vernetzungswirkung.....	31
3.5.1 Die Kartierung.....	31
3.5.2 Die Vernetzungswirkung	32
4 Diskussion	42
4.1 Ein Lebensraum für viele Arten	42
4.2 Mischtyp Halbtrockenrasen und Ruderalflur	44
4.3 Von der Pioniervegetation zum Ökosystem.....	45
4.4 Trotz Strassenrückbau keine bessere Vernetzung der Landschaft	46
5 Schlusswort und Fazit	50
6 Dank	52
7 Literaturverzeichnis	53
8 Anhang.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vor dem Rückbau der Strasse (1995), drei Jahre (2003) und zwölf Jahre (2012) nach dem Strassenrückbau. (Quelle: Tobias, 2013)	8
Abbildung 2: Übersicht von Winterthur und der nördlich liegenden Umgebung (Quelle: Swisstopo). Das Untersuchungsgebiet ist rot markiert	14
Abbildung 3: Übersicht über die Region Hettlingen. Das Untersuchungsgebiet ist rot markiert. Links im Bild ist die neue Strasse ersichtlich (Quelle: Swisstopo).....	15
Abbildung 4: Bodenprofile der renaturierten Kantonsstrasse in Hettlingen, Oktober 2012. Links: Bodenprofil im Bachbett; Rechts: Bodenprofil auf kiesigem Standort (Quelle: Silvia Tobias und Martin Zürrer)	22
Abbildung 5: Die renaturierte Strasse direkt nach dem Rückbau (Quelle: Markus Fries)	29
Abbildung 6: Kartierung der ehemaligen N4 (Eigene Darstellung)	31
Abbildung 7: Alle Gemeinden mit allen Zerschneidungselementen 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).....	34
Abbildung 8: Alle Gemeinden mit den zerschneidenden Elementen Eisenbahn, Autobahn und Strassen 1. und 2. Klasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung)	36
Abbildung 9: Raum Hettlingen mit allen Zerschneidungselementen 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).....	38
Abbildung 10: Alle Zerschneidungselemente im Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung)	40
Abbildung 11: In der Schematischen Darstellung stellen die schwarzen Kreise Siedlungen dar, die Roten Linien Strassen. Starke Fragmentierung durch Verbindung aller Siedlungen miteinander (links) und das Oasenkonzept (rechts) mit geringerer Fragmentierung (Eigene Darstellung).....	49
Abbildung 12: Raum Hettlingen mit weniger Zerschneidungselementen 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).....	68
Abbildung 13: Alle zerschneidenden Elementen im Raum der renaturierten Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).....	68
Abbildung 14: Weniger zerschneidende Elementen im Raum der renaturierten Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung)	68
Abbildung 15: Weniger zerschneidende Elemente unmittelbar um die renaturierte Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m ² . Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung)	68

Formelverzeichnis

Formel 1: Shannon Index (Quelle: Gruenwald und Schubert, 2007)	17
Formel 2: Evenness Index (Quelle: Wolter und White, 2002)	18
Formel 3: H_{\max} (Quelle: Wolter und White, 2002)	18
Formel 4: Effektive Maschenweite (Quelle: Jäger und Holderegger, 2005)	20
Formel 5: Zerschneidungsgrad (Quelle: Jäger und Holderegger, 2005)	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorien und Eigenschaften der Kartierung	16
Tabelle 2: Verwendete Strassen- bzw. Bahnlinienbreiten für die Berechnung der effektiven Maschenweite (Quelle: Objektkatalog von Swisstopo vom Bundesamt für Landestopographie, 2012)	21
Tabelle 3: Pflanzen nach Kategorien (Quelle: Flora Helvetica)	23
Tabelle 4: Gefundene Rote Liste Arten (eigene Darstellung)	24
Tabelle 5: Gefundene National Prioritäre Arten (eigene Darstellung)	24
Tabelle 6: Shannon-Index, Evenness-Index, H_{\max} (Eigene Darstellung)	26
Tabelle 7: Mittelwerte des Shannon-Index, Evenness-Index, H_{\max} (Eigene Darstellung)	27
Tabelle 8: Effektive Maschenweite und Zerschneidungsgrad (Eigene Darstellung)	32
Tabelle 9: Bodenprofil im Bachbett (Quelle: Silvia Tobias und Martin Zürrer)	58
Tabelle 10: Bodenprofil auf Kies (Quelle: Silvia Tobias und Martin Zürrer)	58
Tabelle 11: Artenliste der vorkommenden Flora: Teilweise gibt es mehrere deutsche oder umgangssprachlich bekannte Namen. Ist dies der Fall, sind beide aufgezeigt. Der umgangssprachliche oder zweite Namen ist der Klammer zu entnehmen. Auch mögliche vorgelegte Begriffe/Eigenschaften/Spezifizierungen sind zusätzlich in Klammern aufgezeigt. Geordnet ist die Tabelle, den lateinischen Namen zufolge, alphabetisch.	59
Tabelle 12: Gefundene Halbtrockenrasen-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)	63
Tabelle 13: Gefundene Ruderalflur-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)	65
Tabelle 14: Gefundene Talfettwiese-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)	66
Tabelle 15: Gefundene Talfettweide-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)	67

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

1.1.1 Strassenrückbau als Kompensation eines Strassenneubaus

Für grosse Strassenbauprojekte im Kanton Zürich sind ökologische Kompensationen obligatorisch. Dies soll die immer weiter fortschreitende Fragmentierung bekämpfen. Denn heute finden sich kaum noch Gebiete, welche völlig unzerstört sind (Tobias, 2013).



Beim Projekt nördlich von Hettlingen, welches im Rahmen dieser Arbeit genauer betrachtet wird, handelt es sich um eine solche Kompensationsmassnahme (Fries, 2013), welche ein Stück Natur und Ruhe in die Gemeinde Hettlingen zurückbrachte.

Die zu erwartende Pflanzengesellschaft nach der Rückbaumassnahme ist eine Magerwiese (Stalder, 2013).

1.1.2 Artenvielfalt auf Magerwiesen- und Ruderal-Standorten

Magerwiesen gehören zu den artenreichsten aber auch gefährdetsten Biotopen der heutigen Zeit (Ellmauer 1996). Durch stetig zunehmende Intensivierung, dem Einsatz von Pestiziden, sowie den sich verändernden Umweltbedingungen kommt es seit einigen Jahren zu einem zunehmenden Biodiversitätsverlust. Zudem nimmt das Problem der Neophyten kontinuierlich zu.

Die Erhaltung von Magerwiesen-Standorten ist also von grosser Bedeutung (Ruckstuhl et al, 2010).

Magerwiesen entstehen auf sehr trockenen, sehr nährstoffarmen und eher flachgründigen Standorten, die gut besont und südexponiert sind. Damit die Artenvielfalt erhalten bleiben kann, muss eine Magerwiese regelmässig gepflegt und das Mähgut zum Trockenen auf dem Areal liegen

gelassen werden, Beweidung, Düngung und Bewässerung darf keine erfolgen. Um die Fauna zu schonen, dürfen keine Maschinen zum Einsatz kommen (Ruckstuhl et al., 2010).

Ruderalflächen sind Standorte, welche noch am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Werden solche Gebiete nicht gepflegt, nimmt die natürliche Sukzession ihren Lauf (Ruckstuhl et al., 2010).

Die natürliche Sukzession ist die Veränderung der Arten mit der Zeit (Walker und del Moral, 2008). Wird der Sukzession kein Einhalt geboten, wird aus einem Ruderalstandort früher oder später ein Wald.

Ruderalstandorte sind grundsätzlich sehr gering bewachsen, weisen aber trotzdem eine hohe Artenvielfalt auf, da keine Konkurrenz besteht, weder um Licht, noch um Boden. Die Pflege erfolgt durch einen einmaligen Schnitt pro Jahr und der Bekämpfung von Neophyten. An geeigneten Standorten können sich Ruderalflächen auch zu Magerwiesen weiterentwickeln (Ruckstuhl et al., 2010).

1.1.3 Rote Liste Arten

Im Rahmen dieser Arbeit werden sowohl Rote Liste Arten, wie auch National Prioritäre Arten besonders beachtet. Die Rote Liste kennzeichnet Arten, welche von einer Aussterbewahrscheinlichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraumes betroffen sind, und welche in verschiedene Gefahrenkategorien eingestuft werden. Diese werden anhand von unterschiedlichen Faktoren bestimmt. Zu diesen gehören die Bestandsgrösse und deren Veränderung, die Grösse und Veränderung des Verbreitungsgebietes, sowie Populationsstrukturen, welche durch Fragmentierung oder Isolation bestimmt sind (Moser et al., 2002). Die verschiedenen Gefährdungsstufen sind folgende: *Zitat: „vollständig ausgestorben, in der Natur ausgestorben bzw. in der Schweiz ausgestorben, vom Aussterben bedroht (extrem hohes Risiko um in der Natur auszusterben), stark gefährdet (sehr hohes Risiko um in der Natur auszusterben), verletzlich (hohes Risiko in der Natur auszusterben), potentiell gefährdet (Schutzmassnahmen sind vorhanden, falls diese aber gestoppt werden, kann eine potentiell gefährdete Art in den nächsten fünf Jahren gefährdet werden) und nicht gefährdet (weit verbreitet und häufig). Dazu ist es auch möglich, dass zu wenig Daten vorhanden sind oder eine Art nicht beurteilt wurde und weitere Informationen benötigt wären, um eine sachgerechte Beurteilung durchzuführen“* (Moser et al., 2002: Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz, BAFU, p. 16 und 17). Alle Beurteilungen beruhen auf verschiedenen Kriterien wie die Bestandsabnahme, einer bestimmten Grösse des Verbreitungsgebiets, einer bestimmten Populationsgrösse bzw. bestimmte Anzahl fortpflanzungsfähige Individuen oder ein bestimmtes Aussterberisiko in den nächsten 10 Jahren (Moser et al., 2002). Die grössten Gefährdungsursachen liegen in der Landwirtschaft, der falschen Land- und Forstnutzung und der Zersiedlung. Auch

Neubauten von Häusern und Verkehrswegen, Eingriffe und Veränderungen des Mikroklimas und des Wasserhaushalts, sowie menschengemachte Schadstoffe in Luft und Boden sind grosse Probleme (Moser et al., 2002).

1.1.4 National Prioritäre Arten

Die Liste der national prioritären Arten ist eine Ergänzung zur Roten Liste und verknüpft die Gefährdungstufe mit der Verantwortung der Schweiz zur Erhaltung der Art im globalen System. Sowohl für die Stufe der Gefährdung, wie auch für die Verantwortung, werden anhand eines Bewertungssystems jeder Art verschiedene Punkte verteilt, wodurch die Arten in Prioritätsstufen eingeteilt werden. Arten mit sechs oder mehr Punkten sind in der ersten Priorität, was eine sehr hohe nationale Priorität bezüglich Artenerhaltung und -förderung bedeutet. Fünf Punkte Arten werden der zweiten Priorität zugeordnet und haben demnach eine hohe Priorität. Vier Punkte bedeuten eine dritte Priorität mit mittlerer Verantwortung, drei Punkte werden einer vierte Priorität mit mässiger Verantwortung zugeordnet und weniger als drei Punkte erhalten die Priorität null, was heisst, dass diese Arten keine nationale Priorität bezüglich Artenerhaltung und -förderung aufweisen (BAFU, 2011: Liste der National Prioritären Arten). Zusätzlich zu den verschiedenen Prioritäten wurde auch der Massnahmebedarf ermittelt, wobei bei Gefässpflanzen noch der Isolationsgrad, der Endemismusgrad, sowie der Schweizer Arealanteil im Vergleich zum Gesamtareal hinzukommen (BAFU, 2011: Liste der National Prioritären Arten).

1.1.5 Fragmentierung hat negative Folgen für die Natur und Umwelt

Die Landschaftszerschneidung ist eines der grössten Umweltprobleme der heutigen Zeit (Schupp, 2005) und ist nicht nur in der Schweiz problematisch, sondern eine globale Angelegenheit. Im Vergleich zu anderen Ländern in Europa, beispielsweise Schweden, Frankreich oder Italien, ist die Schweiz zwar relativ wenig zerschnitten (Bertiller et al., 2007), doch der Zerschneidungsgrad hat in den letzten 70 Jahren auch in der Schweiz sehr drastisch zugenommen (BAFU, 2009). Vor allem im Mittelland ist dies deutlich zu erkennen, denn dort sind sechs bis sieben Kilometer Strasse pro Quadratkilometer Land heute oftmals Normalität (Holzgang et al., 2005). Landschaftszerschneidung bezeichnet ein Zitat: „Zertrennen von ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Landschaftsbereichen“ wie es Jäger et al., 2005 (GAIA 14/2 (2005): 98– 100; p. 98) formuliert hat. Diese Fragmentierung kann in drei Definitionsbereiche aufgeteilt werden (Bertiller et al., 2007). Zum einen die funktionale Zerschneidung, welche das Zerreißen von ökologisch zusammengewachsenen Räumen bezeichnet (Jäger et al., 2005), zum anderen die Strukturelle, welche zerschneidende, lineare Elemente beinhaltet, die vom Mensch geschaffen wurden. Denn

diese führen zu Barriere-, Emissions- und Kollisionswirkungen und auch die negative ästhetische Veränderung der Landschaft wird miteinbezogen (Bertiller et al., 2007). Als drittes wird eine geogene Zerschneidung beschrieben, welche natürliche Barrieren wie Flüsse, Felsen oder Gletscher beinhaltet (Bertiller et al., 2007). Die meisten der heutigen Zerschneidungswirkungen sind vom Mensch geschaffen (Jäger et al., 2005).

Fragmentierungen haben meist viele negative Auswirkungen auf die Natur und die Umwelt, sowie auf das Landschaftsbild. So tragen Boden und Vegetation Schäden, das Mikroklima wird beeinträchtigt, es entstehen verheerende Schadstoff- und Lärmemissionen und immer mehr Lebensraum von Flora und Fauna geht durch die Zerschneidung verloren. Ausserdem hat eine Fragmentierung negative Folgen für den Wasserhaushalt und das Landschaftsbild. Auch die Landwirtschaft und die damit zusammenhängende Landnutzung wird nachteilig geschädigt (Jäger et al., 2005). Die Landwirtschaft ist der grosser Verlierer, denn gerade im Mittelland verschwindet immer mehr landwirtschaftliche Fläche auf Kosten des Siedlungswachstums und den dadurch neu entstehenden Verkehrswegen (Straumann et al., 2012).

Durch die immer weiter auseinander rückenden Wohn- und Arbeitsplätze, nimmt die Mobilität verstärkt zu und immer neue Verkehrswege entstehen, wovon vor allem Tiere Schaden tragen (Bertiller et al., 2007). Es entstehen unüberwindbare oder kaum passierbare Hindernisse und die zwischen den verschiedenen Strassen liegenden Lebensräume verlieren ständig an Grösse und somit an Qualität. Da alle Arten eine gewisse Habitatgrösse benötigen um zu überleben, kann eine ständig wachsende Verbauung zum Verlust der Artenvielfalt führen (Bertiller et al., 2007).

Für viele Arten entsteht gleich eine mehrfache negative Auswirkung. Stark befahrene Strassen erhöhen die Mortalität, die extreme Barrierewirkung der Verkehrswege behindert die Fortbewegung, die zunehmende Zerschneidung verkleinert die Habitatflächen und durch Lärm und Schadstoffe verlieren die Lebensräume an Qualität (Jäger und Holderegger, 2005). Von der zunehmenden Landschaftszerschneidung profitieren leider nur die falschen Arten. Entlang der Strassen und Bahnlinien können sich invasive Arten weitgehend verbreiten und sich langfristig etablieren (Bertiller et al., 2007).

Die meisten Arten reagieren verzögert auf Einflüsse durch die Fragmentierung, weswegen man sich oftmals erst Jahre später den negativen Auswirkungen bewusst wird (Bertiller et al., 2007).

Durch die effektive Maschenweite, ein Mass für die Landschaftszerschneidung, entstand ein direkter Bezug zum Verlust der Artenvielfalt. Denn der Zerschneidungsgrad ist ein direkter Indikator um die Gefährdung der Arten zu messen (Bertiller et al., 2007).

1.1.6 Hohe Ansprüche an den Raum

Die Hälfte der Fläche der Schweiz kann wegen Felsen, Gletschern, Seen und weiteren geogenen Strukturen nicht besiedelt werden. Dafür nimmt der Druck auf die restlichen 50% massgeblich zu (Straumann et al., 2012). Die Bevölkerungszahl steigt kontinuierlich und der Anspruch an den Raum nimmt weiterhin zu. Dies hat zur Folge, dass die Siedlungen immer stärker ausgedehnt werden und dadurch ständig neue Verkehrswege gebaut werden müssen. Auf Grund dessen entstehen immer weitere Konflikte mit der Natur und der Umwelt, Lebensräume und Biodiversität gehen verloren und durch die erhöhte Mobilität steigt sowohl die Schadstoff-, wie auch die Lärmemission (Straumann et al., 2012).

Es liegt an der Raumplanung diesen Herausforderungen entgegenzuwirken (Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV, 2012). So sollen die Siedlungen nach innen verdichtet werden, um die Zersiedlung zu stoppen und unverbautes Land zu erhalten. Trotzdem sollen Freiräume innerhalb der Wohn- und Arbeitsbereichen fortbestehen und Erholungsmöglichkeiten geschaffen werden (Straumann et al., 2012).

1.2 Forschungsfragen und Hypothesen

Der Fokus dieser Arbeit kann in drei Überthemen zusammengefasst werden: die Artenzusammensetzung, die Habitate, sowie Hinweise auf die Raumplanung. Wichtige Punkte liegen beim Vorkommen verschiedener Arten, Rote Liste Arten und National Prioritäre Arten. Zudem soll etwas über die Vernetzung und Fragmentierung von Lebensräumen, sowie die Art des Ökosystems und dessen Entwicklungsstadium ausgesagt werden. Auch die aktuelle Nutzung, Verlierer und Gewinner dieses Ausgleiches, sowie Hinweise auf Störungen sollen angesprochen werden. Die Integration solcher Ausgleichsmassnahmen in die Raumplanung wird kurz angeschnitten.

Anhand dieses Fokus' wurden auch die Forschungsfragen in genau diese Bereiche unterteilt:

Artenzusammensetzung:

- Welche Arten kommen vor?
- Kommen Rote Liste Arten oder National Prioritäre Arten vor?
- Auf was deuten diese Arten bezüglich des aktuellen Ökosystemzustandes, ökologisch wertvollen Flächen oder der Lebensraumzusammensetzung hin?

Habitats:

- Welche Bedeutung haben die neu erschaffenen Lebensräume aus ökologischer und naturschutzbiologischer Sicht?
- Inwiefern wurde die ökologische Vernetzung in der Region Hettlingen gefördert?
- Eignet sich der Strassenrückbau zur Kompensation der Versiegelung, sowie zur Defragmentierung und als Ausgleich der Landschaftszerschneidung?
- Wie ist die Ausgleichsfläche räumlich beschaffen (Formen, Flächen, Ränder)?

Hinweise auf die Raumplanung:

- Wie können die erforschten Resultate auf zukünftige Projekte angewandt und umgesetzt werden
- Wie kann die Raumplanung durch Rückbaumaassnahmen die Vernetzung natürlicher Lebens- sowie Erholungsräumen fördern?

Aufgrund verschiedener vorangegangenen Studien und Recherchen wurden im Rahmen dieser Arbeit folgende Hypothesen aufgestellt:

- Ökologisch und naturschutzbiologisch gesehen, wird die Qualität des Lebensraumes erhöht, da durch das Aufheben der Landschaftszerschneidung, durch den Rückbau der Strasse, die Vernetzungswirkung deutlich verbessert wird.
- Seit der Entfernung der Strasse, konnte sich kein ökologisch wertvolles Ökosystem entwickeln. Ein „wertvolles Ökosystem“ ist in diesem Zusammenhang ein Ökosystem, welches Magerwiesen-Eigenschaften aufweist und seltene Arten enthält. Dies ist der angestrebte ökologische Zustand der renaturierten Strasse bei Hettlingen.
 - ➔ Daraus ergibt sich, dass ökologisch wertvolle Ökosysteme nicht wiederhergestellt werden können und somit geschützt und vor der Versiegelung bewahrt werden.

2 Material und Methode

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Das Gebiet des Interesses liegt nördlich von Winterthur in der Gemeinde Hettlingen im Kanton Zürich. Dort führte ich meine Untersuchungen auf einer renaturierten Fläche durch. Diese Renaturierung kam im Rahmen eines Projektes zu Stande, bei welchem eine Strasse als Kompensation eines Strassenneubaus entfernt wurde.

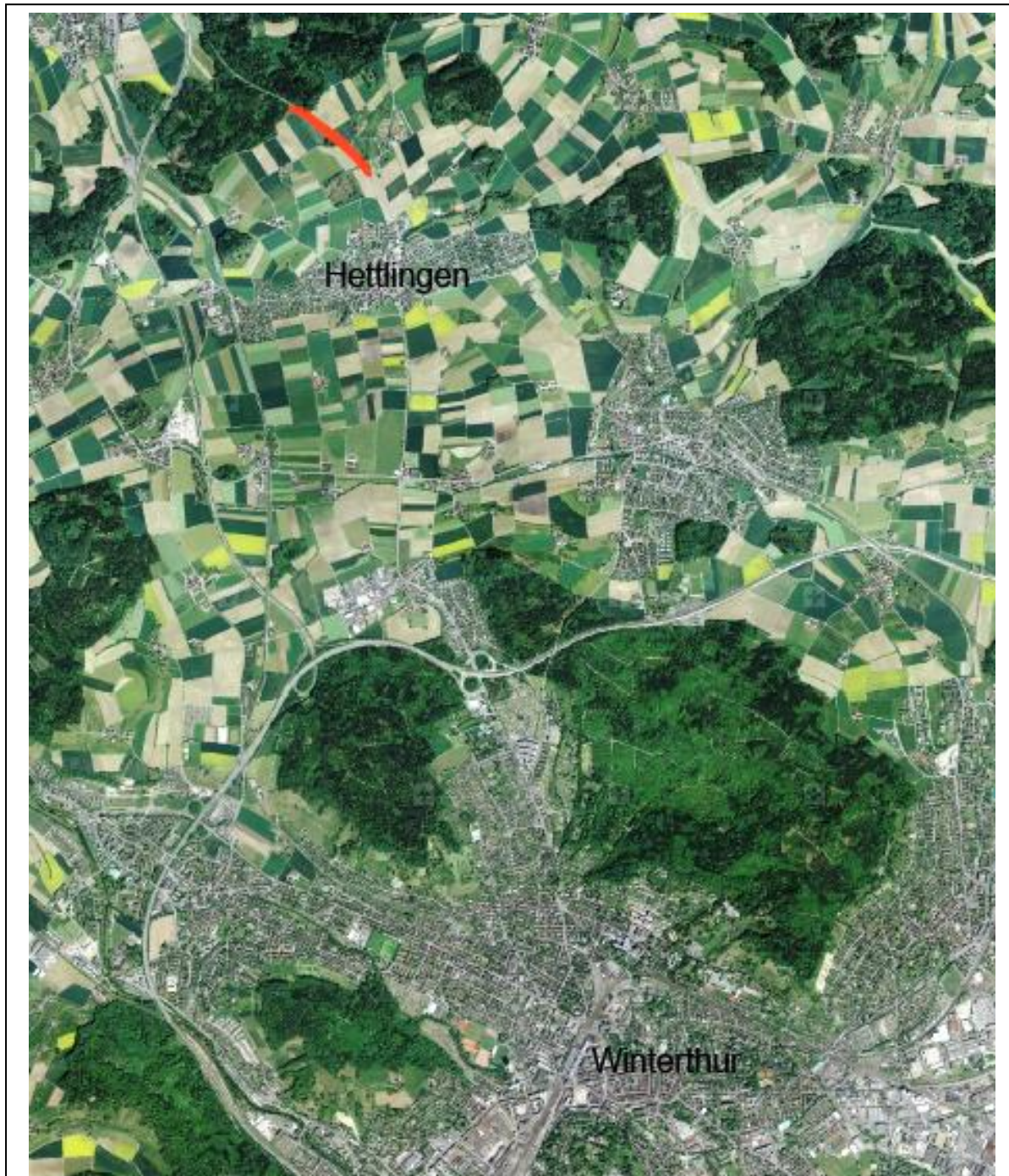


Abbildung 2: Übersicht von Winterthur und der nördlich liegenden Umgebung (Quelle: Swisstopo). Das Untersuchungsgebiet ist rot markiert



Abbildung 3: Übersicht über die Region Hettlingen. Das Untersuchungsgebiet ist rot markiert. Links im Bild ist die neue Strasse ersichtlich (Quelle: Swisstopo)

Nach der Wegnahme des Strassenkoffers wurde das Gebiet der Natur überlassen. Ein Teil wurde wieder zu Wald, ein anderer Teil wird anhand von regelmässigen Pflegeeinsätzen unterhalten, damit keine Verbuschung oder Verwaldung stattfindet und der natürlichen Sukzession Einhalt geboten wird (Reichmuth und Däscher, 2014). Genau in diesem Bereich fanden meine Untersuchungen statt. Das Gebiet besteht aus einem relativ schmalen Streifen und weist einen Wechsel von feuchten und trockenen Standorten auf. Regnet es viel, sind auch stehendes Wasser, sowie Sümpfe vorhanden, bei längeren Trockenperioden können diese jedoch auch vollständig austrocknen (Reichmuth und Däscher, 2014).

2.2 Methode

Zur Datensammlung habe ich sowohl Feldarbeiten, Interviews, wie auch GIS-Arbeiten durchgeführt. Durch die Feldarbeit wollte ich herausfinden, wie hoch der Shannon-Index an verschiedenen Standorten ist, und welche Pflanzen vorkommen. Hier wurde zusätzlich besonders darauf geachtet, ob Rote Liste Arten oder National Prioritäre Arten vorkommen. Zudem habe ich das Gebiet der renaturierten Strasse kartiert. Interviews wurden zusätzlich hinzugezogen, da nicht nur ein Bild über

die jetzige Situation entstehen soll, sondern per Befragung auch Eindrücke über die Entstehung und Entwicklung gewonnen werden sollten. Mit Hilfe der GIS-Arbeit konnte ich mir ein Bild über die Vernetzungswirkung machen.

2.2.1 Feldaufnahmen

2.2.1.1 Kartierung

Als erstes wurde das Feld kartiert, was anhand von selbst erstellten Kategorien geschah.

Tabelle 1: Kategorien und Eigenschaften der Kartierung

Kategorien	Eigenschaften
Asthaufen	Äste aufeinander geschichtet
Baum	Einzelner Baum, einzelner Strauch, mehrere Bäume oder Sträucher
Feuchtstandort	Feuchtzeiger-Pflanzen bspw. Binsen/Seggen
Trockenstandort	Trockenzeiger-Pflanzen bspw. Bromus erectus
Kaum bewachsener Standort	Boden/Untergrund gut sichtbar, steinig
Steinhaufen	Aufgehäuften Steine
Sumpf	Stehendes Wasser
Nicht bewachsen	Anthropogene Standorte wie bspw. Wege, Bänkli, etc.

So wurden sowohl trockene, wie auch feuchte Standorte beschrieben und Gebiete, die kaum bewachsen sind ermittelt. Dabei wurde gut sichtbarer und steiniger Boden als kaum bewachsen bezeichnet. Auch Sümpfe, welche durch stehendes Wasser identifiziert wurden, wurden in die Kartierung aufgenommen. Dazu kamen Kategorien, welche die Vielfalt des Landschaftsbildes widerspiegeln: Gebüsch, Bäume/Wald, Steinhaufen und Asthaufen beziehungsweise herumliegendes Holz.

Sowohl die trockenen, wie auch die feuchten Standorte wurden nach Trocken- und Feuchtzeiger ermittelt. Kaum bewachsene Standorte wurden kategorisiert, wenn der Boden unter den Pflanzen gut sichtbar und meist steinig bedeckt war. Der Deckungsgrad an solchen Orten war gering und die Pflanzen waren meist niedrig gewachsen oder Einzelexemplare. Bäume entsprachen Gehölzpflanzen, welche deutlich grösser als 2 Meter waren. Als Gebüsch wurden klein gewachsene Gehölzpflanzen eingeordnet, welche kleiner als 2 Meter hoch waren und eine deutliche Busch-Struktur aufwiesen. Dies wird durch dünne, kleine Stämme von meist höherer Anzahl sichtbar, wogegen Bäume einen deutlichen Stamm aufweisen, welcher dicker und nur einen in der Anzahl ist. Zudem wurden sowohl

Stein- als auch Holzhaufen in die Kartierung miteinbezogen. Diese bilden wichtige Strukturen und Rückzugsmöglichkeiten für Tiere, wie beispielsweise Schlangen oder Eidechsen. Auch Sümpfe, Standorte mit stehendem Wasser, wurden miteinbezogen. Hier muss jedoch beachtet werden, dass Orte mit stehendem Wasser je nach Wetterlage variieren können. So sind nach langer Trockenheit deutlich weniger sumpftartige Landschaften vorhanden.

Die Kartierung erfolgte anhand von Karten, worauf alle Kategorien farblich eingezeichnet wurden. Die Auswertung und Darstellung wurde schlussendlich im GIS umgesetzt.

2.2.1.2 Biodiversitäts-Index

Zusätzlich zur Kartierung wurden Shannon-Index Werte aufgenommen. Dazu wurde jeweils eine Fläche von 1m X 1m abgesteckt und die Pflanzenarten kartiert. Die Art wurde erfasst und der Deckungsgrad in Prozent jeder Art im Quadrat abgeschätzt. Es wurde darauf geachtet, dass die Quadrate möglichst alle Standortbedingungen abdecken. So wurden trockene, sonnige und schattige, stark bewachsene und kaum bedeckte Standorte gewählt. Auch auf den Untergrund wurde geachtet und sowohl moosiger wie auch steinbedeckter Untergrund wurde miteinbezogen. Aufgrund mangelnder Artenkenntnissen der Sumpf- und Wasserpflanzen und vermehrtes Vorkommen von Trockengebieten, wurde der Fokus auf die trockene Gebiete gelegt.

Insgesamt wurden 20 Quadrate aufgenommen, verteilt über den ganzen Abschnitt der renaturierten Strasse (rot markiert in Abbildung 2 und Abbildung 3).

Anhand der abgeschätzten Deckungsgrade und dem daraus berechneten Shannon-Index können Aussagen über die Biodiversität gemacht werden. Shannon und Weaver haben den Shannon-Index 1949 erstmals formuliert. Es kann nicht nur eine Aussage über die Artenzahl, sondern auch über die Abundanz, also die Anzahl Individuen pro Art, gemacht werden (Gruenwald und Schubert, 2007)

Anhand folgender Formel, kann der Shannon-Index berechnet werden:

Formel 1: Shannon Index (Quelle: Gruenwald und Schubert, 2007)

$$H' = - \sum p_i * \ln(p_i)$$

Dabei ist der Shannon-Index H' die negative Summe von p_i mal den natürlichen Logarithmus von p_i , wobei p_i der prozentuale Deckungsgrad der i -ten Art, relativ zum totalen Deckungsgrad darstellt, also die relative Häufigkeit der einzelnen Arten (Gruenwald und Schubert, 2007). Auch ein Evenness-Index wurde berechnet, welcher etwas über die Ausgeglichenheit der Individuen der Arten in einem

Quadrat besagt. Der Evenness-Index liegt immer zwischen 0 und 1, je näher er sich der Zahl 1 angleicht, desto höher ist die Ausgeglichenheit der Individuen der Arten. (Gruenwald und Schubert, 2007). Der Evenness-Index berechnet sich mit folgender Formel:

Formel 2: Evenness Index (Quelle: Wolter und White, 2002)

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Dabei stellt H_{\max} die maximal mögliche Diversität dar, falls alle Arten gleich häufig vorkommen. H_{\max} kann mit folgender Formel berechnet werden:

Formel 3: H_{\max} (Quelle: Wolter und White, 2002)

$$H_{\max} = -\ln\left(\frac{1}{\text{Anzahl gefundene Arten pro Fläche}}\right)$$

Die Daten wurden in eine Excel-Tabelle übertragen, darin berechnet und ausgewertet.

Die berechneten Shannon-Index Werte wurden schliesslich mit Werten aus der Literatur verglichen. Dabei wurden Literaturwerte von Magerwiesen gesucht und den berechneten Werten gegenübergestellt. Dadurch wurde abgeschätzt, wie sich die Fläche im Verlauf der Jahre entwickelt hat und wie sie sich gegenüber natürlichen Standorten verhält. Es soll zudem eine Aussage darüber gemacht werden, ob solche Rückbaumassnahmen ein geeigneter Ausgleich zu neu verbauten Flächen darstellt, oder ob eine Renaturierung als Ersatz von natürlichen Flächen ausreichend ist.

2.2.1.3 Bodenprofile

Auch habe ich Bodenprofile, welche von Silvia Tobias und Martin Zürner im Jahre 2012 aufgenommen wurden, interpretiert. Hier habe ich entschieden nicht selbst neue Bodenprofile zu nehmen, da sich im Vergleich zum Vorjahr wahrscheinlich kaum etwas verändert hat und dies den Rahmen der Masterarbeit deutlich sprengen würde. Trotzdem ist es wichtig die Bodenprofile anzuschauen, um mögliche Erkenntnisse über Standorteigenschaften zu treffen.

Die Bodenprofile wurden mit Hilfe eines Bodengeographen analysiert und ausgewertet.

2.2.1.4 Bestandsaufnahmen

Als eine weitere Feldarbeit habe ich eine Bestandsaufnahme gemacht. Abgesehen von den Shannon-Index Quadraten, wurde auch ausserhalb dieser geschaut, welche Arten vorkommen. Anhand der

gefundenen Arten wurde eine Liste erstellt, welche anschliessend mit Literatur analysiert wurde. Es wurde der Schlüssel der Pflanzeigenschaften von Flora Helvetica (Lauber et al., 2012) beigezogen und die „Lebensräume der Schweiz“ von Delarze und Gonseth (2008) ausgewertet und vom BAFU Dateien zur Identifizierung von Rote Liste Arten und National Prioritären Arten eingesetzt.

So konnten Aussagen darüber gemacht werden, was die gefundenen Arten über den Standort aussagen und ob spezielle Arten, wie Rote Liste Arten oder National Prioritäre Arten, gefunden wurden. Anhand dieser Analyse soll zudem eine Angabe über den aktuellen Ökosystemzustand gemacht werden.

2.2.2 Interviews

Zusätzlich zu der Feldarbeit wurden Interviews durchgeführt, um einen zusätzlichen Eindruck über die Vergangenheit zu gewinnen, denn bei der Feldaufnahme kann nur ein einziger Zeitpunkt bestimmt und abgeschätzt werden. Es soll aber auch aufgezeigt werden, wie die Situation in den vergangenen Jahren war, welche Ziele erreicht wurden, noch erreicht werden sollen, und wie sich der Standort über die Jahre entwickelt und verändert hat.

Dafür wurden drei Institutionen miteinbezogen. Zum einen war ich am ILU (Ingenieure, Landschaftsarchitekten und Umweltfachleute) in Uster und habe mit Markus Fries geredet, welcher das Projekt unterstützt und geleitet hat. Des Weiteren habe ich Jacqueline Stalder von der Fachstelle für Naturschutz des Kantons Zürich befragt. Sie ist für die Gebietsbetreuung verantwortlich und weiss einiges über die renaturierte Strasse in Hettlingen. Als letztes war ich beim Naturschutzverein in Hettlingen, welcher das Gebiet pflegt und unterhält. Hier durfte ich mit Guido Reichmuth, welcher für die Pflege des Gebietes zuständig ist und mit Alex Däscher, einem ehemaligen Vorstandsmitglied, sprechen. Sie erzählten mir viel über das Management und den Unterhalt des Gebietes und konnten mir zusätzlich noch spezielle Arten, hauptsächlich Insekten, Amphibien und Reptilien, vorstellen.

Die Interviews wurden anhand von Leitfragen (siehe Anhang) durchgeführt. So habe ich mir im vorhinein Gedanken darüber gemacht, was ich alles wissen und erfahren möchte, und habe anhand dessen einen Fragekatalog erstellt. Dieser bestand aus Fragen zur Person, deren Hintergrund und Bezug zum Projekt, zum Ablauf, Vorgehen und Veränderungen, zum Management, Zielen und Nutzung, sowie zu speziellen Pflanzen- oder Tierarten. Zudem habe ich mir auch spezifische Fragen für die verschiedenen Personen überlegt. So wollte ich vom Naturschutzverein Hettlingen Spezifisches über das Management und Arbeitseinsätze, sowie die Zusammenarbeit und mögliche Konflikte mit Bauern und Bevölkerung wissen. Markus Fries vom ILU habe ich näher über die Ziele des Projektes, sowie über Details zur Planung und Umsetzung befragt und Jacqueline Stalder über die Vernetzung, sowie weitere Projekte ähnlicher oder gleicher Art. Dadurch entstand ein guter Überblick über Hintergründe, Ziele und der aktuellen Situation des Gebietes.

Im Nachhinein hat sich jedoch herausgestellt, dass nicht jede Person alle Fragen beantworten konnte. So hatte Markus Fies ein grosses Wissen über den Ablauf des Projektes und der Naturschutzverein über die Pflege und das Vorkommen von Arten. Wahrscheinlich wäre es sinnvoller gewesen, ausschliesslich spezifische Fragekataloge für die verschiedenen Personen zu erstellen. Denn in dieser Weise, konnte mir jeder nur Teile davon beantworten. Insgesamt habe ich am Schluss aber trotzdem für alle Fragen eine Antwort erhalten.

2.2.3 GIS-Arbeiten

Da die N4 in Hettlingen zurückgebaut wurde, sollte zusätzlich die Vernetzungswirkung aufgezeigt werden. Diese konnte anhand der effektiven Maschenweite dargestellt werden. Mit Daten von Christian Schwick der WSL konnten im ArcGIS die grossen Polygone der Gemeinden mit den Strassen zerschnitten werden. Dadurch entstanden alle unzerschnittenen Flächen, welche anschliessend farblich dargestellt wurden. Anhand dieser Darstellung und der neu berechneten Flächen der erstellten Polygone, konnte mit folgender Formel die effektive Maschenweite berechnet werden:

Formel 4: Effektive Maschenweite (Quelle: Jäger und Holderegger, 2005)

$$m_{\text{eff}} = \frac{1}{F_{\text{total}}} \left(F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_i^2 + \dots + F_n^2 \right)$$

Wobei:

F_{total} = Gesamtfläche des Gebietes

F_i = Grösse der Fläche i

Diese besagt etwas über die Landschaftszerschneidung. Je mehr eine Landschaft zerschnitten ist, desto kleiner wird die effektive Maschenweite (Jäger und Holderegger, 2005).

Zusätzlich zur effektiven Maschenweite kann der Zerschneidungsgrad berechnet werden, welcher etwas über die effektive Maschendichte aussagt, in Maschen pro 100 Quadratkilometern angegeben wird und mit erhöhter Zerschneidung zunimmt (Jäger und Holderegger, 2005).

Formel 5: Zerschneidungsgrad (Quelle: Jäger und Holderegger, 2005)

$$S = \frac{1}{m_{\text{eff}}}$$

Die effektive Maschenweite, sowie der Zerschneidungsgrad werden für verschiedene Szenarien berechnet. So wird zum einen der Kartenausschnitt variiert und zum anderen die zerschneidenden Elemente. Jedes Szenario wurde für zwei Jahre, 1980 und 2002 berechnet.

Als erstes wurde nur die Fläche unmittelbar um die rückgebaute Strasse betrachtet um eine Aussage darüber zu machen, ob ein Rückbau an sich Sinn macht. Danach wurde der ganze Raum um Hettlingen betrachtet und somit auch die neu gebaute Strasse, sowie die Bahnlinie mit einbezogen, um zu bestimmen, wie sich die Vernetzungswirkung auf den gesamten Raum Hettlingen ausübt. Beide Szenarien wurden anschliessend mit unterschiedlichen zerschneidenden Elementen wiederholt. Zum einen wurden alle Strassenklassen mit einbezogen, zum anderen nur die Strassen mit einer Breite grösser gleich 5 Meter (Bahnlinie, Autobahn, Strassen 1. und 2. Klasse und Quartierstrassen).

Die zerschneidenden Elemente waren aufgeteilt in Bahnlinie, Autobahn, Strassen 1., 2., 3. und 4. Klasse, Quartierstrassen und Siedlungsfläche (Quelle 2002: VECTOR25 der entsprechenden Jahre. Die älteren Daten stammen jeweils aus den 1:100'000 Landeskarten der SWISSTOPO der entsprechenden Jahre).

Die Strassenbreiten wurden anhand des Objektkatalogs von Swisstopo vom Bundesamt für Landestopographie (2012) mit der Funktion „buffer“ ins ArcGIS übertragen. Geben die Karten eine Spannweite von Breiten an, wurde ein Mittelwert daraus genommen. Folgende Strassen- bzw. Bahnlinienbreiten wurden verwendet:

Tabelle 2: Verwendete Strassen- bzw. Bahnlinienbreiten für die Berechnung der effektiven Maschenweite (Quelle: Objektkatalog von Swisstopo vom Bundesamt für Landestopographie, 2012)

Bahnlinie	7 Meter
Autobahn	12 Meter
Strassen 1.Klasse	9 Meter
Strassen 2.Klasse	5 Meter
Strassen 3.Klasse	3 Meter
Strassen 4. Klasse	2 Meter
Quartierstrassen	6 Meter

Bei den Strassen vierter Klasse wurden die Daten vom Jahr 1960 anstatt vom Jahr 1980 verwendet, da keine Daten vom Jahre 1980 vorhanden waren.

3 Resultate

3.1 Bodenprofile



Wird das Profil am feuchten Standort betrachtet (Abbildung 4 links), wird ersichtlich, dass der Boden extrem verdichtet und zusammengepresst ist. Durch die Verdichtung aufgrund des Strassenbaus, wurde das Porensystem völlig zerstört, was eine Limitierung für Pflanzen bedeutet. Zudem ist der Boden extrem staunass und extrem flachgründig. Es können also nur Pflanzen wachsen, welche kein Problem mit stehendem Wasser haben. Dies wird auch im Feld deutlich sichtbar. An solchen staunassen Standorten kommen Pflanzen wie Binsen, Seggen und Schilf vor, welche feuchte Standorte bevorzugen.

Der Bodentyp ist ein Pseudogley, welcher aber von Niederschlagswasser gespeist wird, welches nicht abfließen kann (Gasche, 2013).

Auf dem rechten Bild der Abbildung 4, dem kiesigen Standort, ist der Boden zwar etwas besser, jedoch ist auch hier eine deutliche Verdichtung ab 14 cm erkennbar und wird weiter unten, ab etwa 24 cm, nochmals deutlich dichter. Auch dieser Boden ist durch Stauwasser beeinflusst, jedoch ist der Skelettgehalt etwas grösser. Als Bodentyp wird hier ein Regosol vermutet (Gasche, 2013).

Bei beiden Profilen ist klar erkennbar, dass der B-Horizont fehlt und dass ab 14 cm eine erhöhte Verdichtung vorherrscht. Der Oberboden ist bei beiden Böden sehr gering (Gasche, 2013). Werden hier Literaturwerte herbeigezogen, wird erkenntlich, dass die Bodenbildung nur ca. 1-3 Millimeter pro Jahr beträgt (Tobias, 2013). Dies ergibt nach den bisher 14 Jahren Bodenbildung ca. 3 cm, was in etwa dem vorherrschenden Oberboden entspricht. Für gute Böden, welche sich durch einen stark ausgeprägten organischen Oberboden auszeichnen, tiefgründig und humusreich sind, müssten noch viele Jahre abgewartet werden, bis die fortschreitende Bodenbildung bessere Bedingungen geschaffen hat (Scheffer und Schachtschabel, 2010). Eine Bodenauflockerung bei der Renaturierung hätte geholfen, die Verdichtung ein wenig aufzuheben und somit den Pflanzen eine lockerere Struktur anzubieten, in welcher ihre Wurzeln besser durchdringen können. Auch die Aufgabe der Bodenlebewesen, welche den Boden zusätzlich lockern, wäre einfacher gewesen (Elseroad et al., 2003).

3.2 Arten

Folgende Tabelle zeigt, wie viele Arten pro Kategorie gefunden wurden.

Tabelle 3: Pflanzen nach Kategorien (Quelle: Flora Helvetica)

Fettwiesenpflanzen	25 Arten	21.01%
Trockenwiesenpflanzen	27 Arten	22.69%
Waldpflanzen	34 Arten	28.57%
Ruderalpflanzen bzw. Unkraut	16 Arten	13.45%
Sumpfpflanzen bzw. Gewässerpflanzen	11 Arten	9.24%
Kulturpflanzen	3 Arten	2.52%
Pionierpflanzen	3 Arten	2.52%

Am meisten vertreten sind die Waldpflanzen mit 28.6%. Dies liegt möglicherweise daran, dass bei der Kategorisierung ebenfalls die Gehölzpflanzen miteinbezogen werden, welche meist als Waldpflanzen gelten. Trockenwiesenpflanzen sind mit 27 Arten (22.7%) vertreten, Fettwiesenpflanzen mit 25 Arten (21%) und Ruderalpflanzen mit 16 Arten (13.5%). Zusätzlich sind noch 11 Wasserpflanzen (9.2%) und 3 Kultur- sowie 3 Pionierpflanzen (jeweils 2.5%) vorhanden.

Im Anhang befindet sich zudem eine Tabelle aller Arten, welche während den Untersuchungen im Feld vorgefunden wurden. Es wurde keine Angabe darüber gemacht, welche Art wie oft vorkam, sondern lediglich ob sie vorkam. Die Arten wurden durch die Shannon-Index Aufnahmen, sowie durch eine weitere Feldbegehung ermittelt. So konnte eine gute Übersicht der vorhandenen Arten gewonnen werden.

Tabelle 4: Gefundene Rote Liste Arten (eigene Darstellung)

Rote Liste Arten	Kategorie
schmalblättrige Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)	potentiell gefährdet
kleine Tausendgüldenkraut (<i>centaurium pulchellum</i>)	verletzlich
Acker-Hundskamille (<i>Anthemis arvensis</i>)	verletzlich
Essig-Rose (<i>Rosa gallica</i>)	stark gefährdet
schöne Johanniskraut (<i>Hypericum pulchrum</i>)	verletzlich
Rauhe Nelke (<i>Dianthus armeria</i>)	potentiell gefährdet

Tabelle 5: Gefundene National Prioritäre Arten (eigene Darstellung)

National Prioritäre Arten
Acker-Hundskamille (<i>Anthemis arvensis</i>)
Schönes Johanniskraut (<i>Hypericum pulchrum</i>)
Essig-Rose (<i>Rosa gallica</i>)

Anhand der Artenliste und des Buches „Lebensräume der Schweiz“ von Delarze und Gonseth (2008) wurden der Lebensraumcharakter und die vorherrschende Ökosystem-Bezeichnung auf dem Gebiet der renaturierten N4 abgeschätzt. Es wurde ein Gemisch aus einem mitteleuropäischen Halbtrockenrasen und einer mesophilen Ruderalflur mit Einschlüssen von Talfett-/Fromentalwiese und Talfett-/Kammgrasweide ermittelt.

Die bei dem mitteleuropäischen Halbtrockenrasen beschriebenen Zitat: „oft dominanten Arten, die einen Lebensraum prägen“ (Delarze und Gonseth, 2008; Umschlag) wurden allesamt bei den Feldaufnahmen gefunden, bei den restlichen aufgelisteten Arten zusätzlich noch ca. 25% (vergleiche Tabelle 12, Anhang). Von jenen „oft dominanten Arten“, welche bei dem mesophilen Ruderalflur aufgelistet sind, wurden etwa 50% gefunden, von den zusätzlichen allerdings lediglich 10% (siehe Tabelle 13, Anhang). Bei den beiden Fettwiesen-Einschlüssen wurden bei der Fromentalwiese die Hälfte aller „oft dominanten“ Arten gefunden und 40% der Restlichen (Tabelle 14, Anhang), bei

der Kammgrasweide 90% der „oft dominanten Arten“ und 30% der Restlichen (Tabelle 15, Anhang). Obwohl sehr viele Fettwiesenarten gefunden wurden, ist das Gebiet des Strassenrückbaus kein typischer Fettwiesenstandort (Delarze und Gonseth, 2008).

Der mitteleuropäische Halbtrockenrasen zeichnet sich durch Grünlandgesellschaften aus, welche eine relativ geringe Wuchshöhe aufweisen und einen geschlossenen oder leicht lückigen Bestand zeigen. Die extensiv genutzten Standorte beherbergen trockenresistente Pflanzen, meist dominiert durch die aufrechte Tresse, auf einem oftmals wasserdurchlässigen Boden. Meistens werden diese Wiesen oder Weiden nur einmal jährlich und dann erst spät im Jahr geschnitten, Düngung erfolgt keine. Die von Natur aus geringe Produktivität umfasst eine spektakuläre Artenvielfalt und bietet wertvolle Lebensräume für viele Insektenarten. Halbtrockenrasen sind auf sonnige Lagen angewiesen. Diese stellen aber auch bevorzugte Wohnlagen dar, was zur Folge hat, dass immer mehr Sonnenhänge vom Menschen verbaut werden. Dadurch verschwinden Halbtrockenrasen immer öfters und schneller, die Habitate sind rückläufig (Delarze und Gonseth, 2008).

Der mesophile Ruderalflur-Standort ist meist lückenhaft durch eine artenreiche krautige Pflanzendecke überzogen, jedoch können die wenigen an diesem Ort wachsenden Pflanzen relativ gross werden. Die Pioniervegetation wächst meist an mageren Standorten, denn sie hat hohe Lichtansprüche und kommt oftmals auf stickstoffreichem Boden vor, der einen geringen Anteil an organischem Material aufweist. An schlecht drainierten Orten kann eine Konkurrenz zu feuchten Trittsfluren mit fliessenden Übergängen entstehen. Die Vegetation der Ruderalflur wächst vorwiegend an anthropogenen Standorten (Delarze und Gonseth, 2008).

Ruckstuhl et al. (2010) beschreibt zudem wichtige Pflanzenarten, welche auf einer Magerwiese vorkommen mit folgenden:

Aufrechte Tresse, Zittergras, Kammschmiele, Wundklee, Wiesen-Flockenblume, Skabiosen-Flockenblume, Wilde Möhre, Mittlerer Wegerich, Wiesensalbei, Kleiner Wiesenknopf und drei weitere Arten, welche ich bei den Feldaufnahmen nicht gefunden habe. Da aber die meisten davon im renaturierten Strassenabschnitt vorkommen, ist die Vermutung gross, dass es sich, sicher teilweise, um eine Magerwiese handelt.

3.3 Shannon-Index

Die Shannon-Index Werte sind über den ganzen Strassenabschnitt verteilt aufgenommen worden. Dabei wurde das Quadrat 1 am nächsten beim Dorf Hettlingen (süd-östlich), das Quadrat 20 am weitesten weg von der Gemeinde Hettlingen (nord-westlich), in der Nähe des Waldes aufgenommen.

Tabelle 6: Shannon-Index, Evenness-Index, H_{\max} (Eigene Darstellung)

Quadrat Nummer	Anzahl Arten	Shannon-Index	H_{\max}	Abweichung des Shannon-Index von H_{\max}	Evenness-Index
1	16	2.251	2.773	0.522	0.812
2	16	2.462	2.773	0.310	0.888
3	16	2.079	2.773	0.693	0.750
4	16	2.347	2.773	0.426	0.846
5	13	2.239	2.565	0.326	0.873
6	14	2.061	2.639	0.578	0.781
7	14	1.562	2.639	1.077	0.592
8	19	2.358	2.944	0.587	0.801
9	12	1.953	2.485	0.532	0.786
10	14	1.824	2.639	0.815	0.691
11	23	2.629	3.135	0.507	0.838
12	15	2.378	2.708	0.330	0.878
13	13	1.998	2.565	0.567	0.779
14	13	2.069	2.565	0.496	0.807
15	17	2.318	2.833	0.515	0.818
16	15	2.448	2.708	0.260	0.904
17	15	1.784	2.708	0.924	0.659
18	14	2.400	2.639	0.239	0.909
19	14	2.021	2.639	0.618	0.766
20	16	2.181	2.773	0.592	0.787

Wie der obenstehenden Tabelle zu entnehmen ist, beträgt die maximale Artenzahl in einem Quadrat 23 Arten, die minimale liegt bei 12, durchschnittlich sind es 17.5 Arten.

Wird ein Blick auf den Shannon-Index geworfen, so liegt der Mittelwert bei 2.17. Der Mittelwert der maximalen Artenvielfalt (H_{\max}) liegt bei 2.71. Der maximale Wert der maximalen Artenvielfalt befindet sich mit 3.14 im Quadrat 11, welches 23 verschiedene Arten aufweist. Die minimale Zahl der maximalen Artenvielfalt lässt sich mit 2.48 im Quadrat 9, mit lediglich 12 Arten, auffinden.

Wird die Abweichung des Shannon-Indexes von der maximalen Artenvielfalt betrachtet, so ist der Mittelwert dieser Abweichung 0.55. Die grösste Abweichung von der maximal möglichen Artenvielfalt (H_{max}) befindet sich im Quadrat 7 bei 1.08. Der prozentuale Deckungsgrad pro vorkommende Art ist in diesem Quadrat am schlechtesten ausgeglichen, was bedeutet, dass eine Art besonders dominiert. Die kleinste Abweichung des Shannon-Index' von H_{max} ist bei 0.24 im Quadrat 18 vorzufinden. Hier ist die Verteilung der Individuen am meisten ausgeglichen und die Deckungsgrade der verschiedenen Arten am ähnlichsten. Es wird am wenigsten von einer Art dominiert.

Der Evenness-Index ist demnach ebenfalls im Quadrat 18 am höchsten, mit 0.909 und im Quadrat 7 am kleinsten, mit 0.59. Der Mittelwert liegt bei 0.798.

Mittelwerte zum Shannon-Index:

Tabelle 7: Mittelwerte des Shannon-Index, Evenness-Index, H_{max} (Eigene Darstellung)

Mittelwert Shannon Index	2.168
Mittelwert der Abweichung von H_{max}	0.546
Mittelwert der Anzahl Arten	17.5
Mittelwert H_{max}	2.714
Mittelwert Evenness Index	0.798

3.4 Interviews

Trotz dem, dass die Interviews zwar anhand von Leitfragen aufgebaut waren, jedoch nicht alle angefragten Parteien jede der Fragen beantworten konnte, sondern diese jeweils ihr eigenes Spezialgebiet hatten, habe ich viel über das Projekt selbst erfahren und einen guten Blick hinter die Kulissen und die Arbeit, die dahinter steckt, erhalten.

3.4.1 Die Ausgangslage

Das Renaturierungsprojekt der Schaffhauserstrasse wurde aufgesetzt, nachdem die Verkehrs- und Emissionsbelastung zwischen Hettlingen und Henggart immer grösser wurden. Es entstand die Idee, eine Verkehrsberuhigungsmassnahme auszuarbeiten, wobei eine neue Strasse N4.2.9 um die betroffenen Dörfer herum geleitet und die Schaffhauserstrasse rückgebaut wurde. Nach langwierigen Abklärungen, Massnahmen, Zieldefinitionen und der Umweltverträglichkeitsprüfung wurde das Projekt bewilligt und in den Jahren 1996 bis 2000 umgesetzt (Fries, 2013).

Damit die Umweltverträglichkeit gewährleistet werden konnte, musste die alte Strasse aufgebrochen und das Gebiet renaturiert werden. Denn nur durch einen ökologischen Ausgleich und einer Defragmentierung durch den Rückbau der alten Strasse, konnte eine weitere Fragmentierung durch einen Strassenneubau in Kauf genommen werden. Ausserdem sollte nicht nur das Areal der weggenommenen Strasse in die Pläne und Ziele miteinbezogen werden, sondern auch umliegende Gebiete. Somit liess sich die Gesamtsituation verbessern und aufwerten (Fries, 2013).

Markus Fries vom ILU in Uster, beschäftigt sich mittlerweile seit 25 Jahren mit dem Renaturierungsprojekt der N4. Er hat damals den Umweltverträglichkeitsbericht geschrieben und beschäftigt sich noch heute mit der neuen Strasse N4.2.9, die jetzt auf vier Spuren ausgeweitet werden soll. Weitere Ausgleichsmassnahmen sind in Ausarbeitung (Fries, 2013).

3.4.2 Die Ziele des Rückbauprojekts

Bei der Umsetzung des Projektes wurden vorformulierte Ziele verfolgt. So sollte die Landschaft eine ökologische Aufwertung erfahren, was eine Verbesserung für Flora und Fauna zur Folge hat. Dies sollte anhand von einer Qualitätserhöhung der bereits vorherrschenden, sowie einer positiven Entwicklung neu geschaffener Lebensräume umgesetzt werden (Fries, 2013).

Durch die Defragmentierung sollte eine erhöhte Vernetzungswirkung erzeugt werden, sowohl im kleinen, wie auch im grossen Rahmen. Des Weiteren war das Ziel, dass der neu geschaffene Raum eine Vielfalt an Strukturen aufweist, was den Standort als Naherholungsgebiet qualitativ verbessert, die Landschaftsästhetik fördert und die Lebensraumdiversität und somit die Artenvielfalt fördert (Fries, 2013).

Es waren auch Vorstellungen vorhanden, wie sich die Vegetation auf der ehemaligen N4 entwickeln sollte. Diese wurden als ein Ruderalstandort mit Entwicklungsziel Magerwiese beschrieben (Stalder, 2013).

3.4.3 Die Umsetzung des Rückbaus

Es wurde möglichst viel des Strassenkoffers, welcher bei der Schaffhauserstrasse abgebaut wurde, für den Neubau der N4.2.9 wiederverwendet. Dort wo Velowege entstanden sind, wurde oft nur Teile der Strasse entfernt und eine Wegbreite für die Fahrradverbindung zwischen Hettlingen und Henggart stehen gelassen. So wurden der Aufwand und die Kosten minimal gehalten, und das Material rezykliert (Fries, 2013).



Abbildung 5: Die renaturierte Strasse direkt nach dem Rückbau (Quelle: Markus Fries)

Um das Ziel der artenreichen Magerwiese zu erreichen, wurden entsprechendes Heu ausgebracht (Reichmuth und Däscher, 2014), sowie diverse Elemente zur Sicherstellung der Vielfalt des Landschaftsbildes angeordnet. Diese beinhalteten sowohl Stein- als auch Holzhaufen, sowie gewisse Hecken und Büsche (Stalder, 2013). Da eine zusätzliche Ausdehnung der Bäche in dieser Region angestrebt wurde, wurde ein Graben angelegt, in welchem Drainagerohre einfließen und somit eine abwechslungsreiche Landschaft mit vielfältigen Trocken- und Feuchtstandorten erschufen. Nach Passieren des renaturierten Gebietes fließt der Bach weiter ins Baldisried (Fries, 2013).

Nach Abschluss des Projektes wurde die Verantwortung zur Pflege dem Naturschutzverein Hettlingen überlassen. Dieser unterhält das Gebiet und regelt die Pflege, sodass keine Verbuschung und Verwaldung stattfindet. Einzig auf einem kleinen Streifen, wo die Strasse durch den Wald führte, wurde das Gebiet vollständig der natürlichen Sukzession überlassen. Heutzutage finden wir dort wieder einen Wald vor (Fries, 2013).

Die am Anfang angelegten Ruderalstandorte sind heute teilweise wieder verschwunden und nährstoffarmen, artenreichen Magerwiesen gewichen (Stalder, 2013).

3.4.4 Pflege

Das renaturierte Gebiet wird vom Naturschutzverein Hettlingen unterhalten und gepflegt. Die Pflege wurde im Jahre 2001 übernommen, ein Jahr nach der Entsiegelung. Es wurde ein Bewirtschaftungsvertrag mit der Fachstelle für Naturschutz des Kantons Zürich abgeschlossen, sowie ein Pflegevertrag mit der Gemeinde, da die Regionen um den Bach, welcher von der entsiegelten Strasse weiter ins Baldisried fließt, sowie jener nord-westlich beim Wald, der Gemeinde gehören. Durch diese Verträge ist es dem Naturschutzverein Hettlingen möglich, das Gebiet so zu pflegen, wie sie es für richtig halten. Die Pflege ist nicht betreut und das Gebiet kann nach eigenem Gutdünken bewirtschaftet werden. Da auch vertraglich keine Ziele definiert wurden, können die

vorherrschenden Strukturen selbst bestimmt werden. Was und wie etwas stehen gelassen wird, entscheidet der Naturschutzverein selbstständig. Guido Reichmuth, welcher für die Pflege verantwortlich ist, ist durch seine Familie schon länger mit dem Bauernhandwerk vertraut. Gepflegt wird grundsätzlich alles von Hand, gemäht mit einem Balkenmäher. Das anfallende Heu wird wiederum von Hand gedreht und zusammen genommen (Reichmuth und Däscher, 2014).

Es wird immer spät im Jahr gemäht, meist ab Juli, oftmals auch später, im August oder September. Das lange Stehen lassen des Grases fördert diverse Arten von Insekten, welche auf diese Strukturen angewiesen sind (Reichmuth und Däscher, 2014).

Einmal im Jahr findet einen Freiwilligen-Anlass zur Bekämpfung der Neophyten statt. Beim Gebiet der renaturierten Strasse ist das Neophyten-Problem deswegen nicht so gross, im Baldisried jedoch sind sie sich stark am vermehren und verbreiten (Reichmuth und Däscher, 2014).

Hauptsächlich herrschen die kanadischen Goldruten (*Solidago canadensis*), das einjährige Berufskraut (*Erigeron annuus*), sowie der Schmetterlingsflieder (*Buddleja davidii*) vor. Die Flieder werden, solange sie noch kein ernsthaftes Problem darstellen, auch stehen gelassen, da diese relativ spät im Jahr blühen, was für Insekten von Vorteil ist (Reichmuth und Däscher, 2014).

Die Bevölkerung blickte dem ganzen Projekt zuerst mit grosser Skepsis entgegen, denn das frisch renaturierte Gebiet wurde als Mondlandschaft dargestellt. Doch mittels Informationstafeln und geführten Exkursionen konnten die Einwohner von Hettlingen schliesslich überzeugt werden und auch heute werden immer wieder Exkursionen durchgeführt und das Gebiet wird heute rege als Erholungsgebiet genutzt (Reichmuth und Däscher, 2014).

Grosse Probleme mit der umliegenden Landwirtschaft gibt es nicht und Dünger ist unproblematisch, da beide Seiten durch einen Fahrrad- bzw. Waldweg von den landwirtschaftlich genutzten Flächen abgeschirmt sind. Im nord-westlichen Teil befindet sich südlich der renaturierten Fläche eine Buntbrache, welche als Vernetzungsstruktur einen positiven Effekt hat. Viele Tierarten konnten dank der Buntbrache einwandern und sich etablieren. Vor allem Vögel konnten von der Buntbrache sehr profitieren, sind allerdings auf dem renaturierten Strassenabschnitt kaum anzutreffen (Reichmuth und Däscher, 2014).

Bei den aufgestellten Bänken war anfangs der Abfall ein massives Problem, jedoch ist dies seitdem Abfalleimer aufgestellt wurden, verschwunden. Beim hinteren Bänkli, im nord-westlichen Teil, entstand eine Feuerstelle, die eigentlich nicht geplant war, allerdings kann der Naturschutzverein kaum etwas dagegen machen, weswegen die Feuerstelle toleriert wird (Reichmuth und Däscher, 2014).

3.5 Vernetzungswirkung

3.5.1 Die Kartierung

Auf der untenstehenden Karte (Abbildung 6) wird sichtbar, dass das Gebiet der renaturierten Strasse sehr vielfältig, divers und komplex ist. In den äusseren, rändlichen Bereich sind meist trockene Regionen vorzufinden, in der Mitte befinden sich feuchte Gebiete und stehende Gewässer, wobei diese je nach Wetter auch variieren können. Über das ganze Feld verteilt befinden sich Bäume und Büsche, sowie viele Stein- und vereinzelt Asthaufen. Diese wurden vom Naturschutzverein Hettlingen erstellt und dienen der Vielfalt der Landschaft und als Versteck für Tiere, vor allem Reptilien, welche warme Stellen benötigen (Guido Reichmuth und Alex Däscher, 2014).

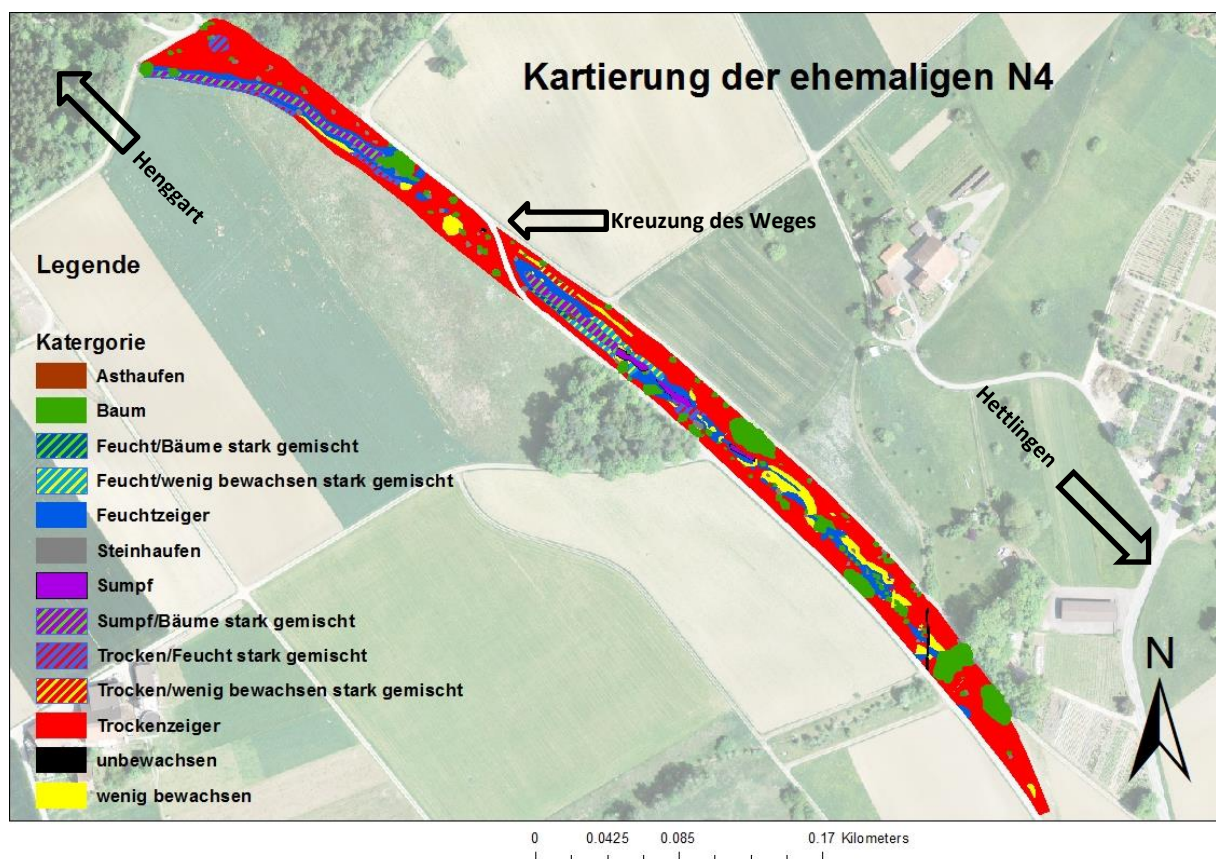


Abbildung 6: Kartierung der ehemaligen N4 (Eigene Darstellung)

Wird im Folgenden von „süd-ost“ gesprochen, ist immer von jenem Teil am nächsten bei der Siedlung, vor der Weg-Kreuzung, die Rede. „Nord-west“ ist Richtung Wald, nach der Kreuzung des Weges.

Die sumpfigen Gebiete nehmen von süd-ost nach nord-west zu und sind im nord-westlichen Bereich eher bachartig ausgebildet, stark umrandet mit Gebüsch und Bäumen. Die trockenen Regionen

sind jeweils am Rand deutlich ausgebildet und auch im ganz süd-östlichsten Bereich befinden sich hauptsächlich trockene Standorte.

Die sehr diversen Strukturen und Bedingungen ergeben einen vielfältigen und dynamischen Standort, welcher für viele Arten ein ideales Habitat bildet.

3.5.2 Die Vernetzungswirkung

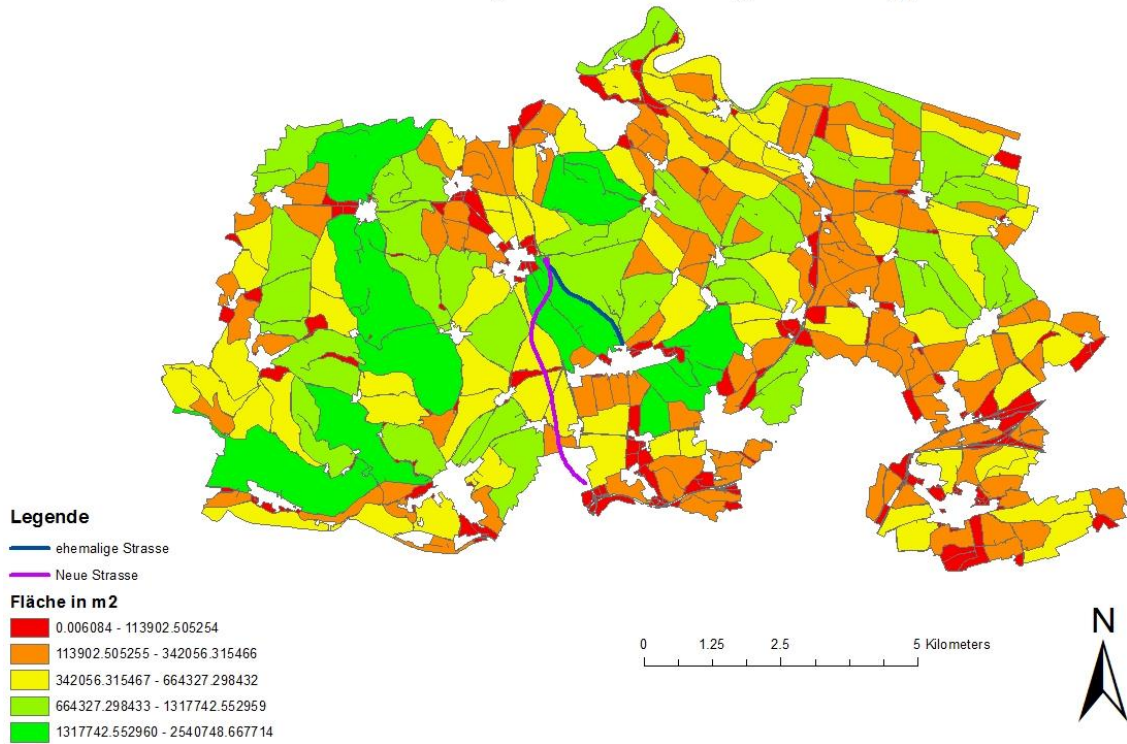
Werden die effektiven Maschenweiten und der Zerschneidungsgrad in der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 8) in den verschiedenen Perimetern miteinander verglichen, wird ersichtlich, dass das Jahr 2002 immer schlechter abschneidet. Auch im kleinräumigen Bereich (Raum N4), sowie der noch weiter herangezoomte Ausschnitt unmittelbar um die renaturierte Strasse (Raum N4 nah) ist der Zerschneidungsgrad wieder Erwärten im Jahr 2002 grösser als im Jahre 1980. Der Rückbau der N4 hat also keine verbesserte Vernetzung hervorgebracht.

Tabelle 8: Effektive Maschenweite und Zerschneidungsgrad (Eigene Darstellung)

Ausschnitt	Zerschneidungs-elemente	Jahr	Effektive Maschenweite (in km ²)	Zerschneidungsgrad (Maschen pro 100 km ²)
Alle Gemeinden	Alle	1980	0.747	133.8
Alle Gemeinden	Alle	2002	0.169	591.7
Raum Hettlingen	Alle	1980	1.035	96.6
Raum Hettlingen	Alle	2002	0.125	798.6
Raum N4	Alle	1980	1.291	77.4
Raum N4	Alle	2002	0.123	811.9
Raum N4 nah	Alle	1980	1.500	66.7
Raum N4 nah	Alle	2002	0.143	698.8
Alle Gemeinden	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	1980	3.495	28.6
Alle Gemeinden	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	2002	2.853	35.1
Raum Hettlingen	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	1980	3.215	31.1
Raum Hettlingen	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	2002	3.112	32.1
Raum N4	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	1980	2.667	37.5

Ausschnitt	Zerschneidungs- elemente	Jahr	Effektive Maschenweite (in km ²)	Zerschneidungsgrad (Maschen pro 100 km ²)
Raum N4	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	2002	2.412	41.5
Raum N4 nah	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	1980	3.125	32.0
Raum N4 nah	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse, 2. Klasse, Quartierstrasse	2002	2.760	36.2
Raum N4	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse und 2. Klasse	2002	2.421	41.3
Raum N4 nah	Autobahn, Eisenbahn, 1. Klasse und 2. Klasse	2002	2.773	36.1

Alle Zerschneidungselemente 1980 (grossräumig)



Alle Zerschneidungselemente 2002 (grossräumig)

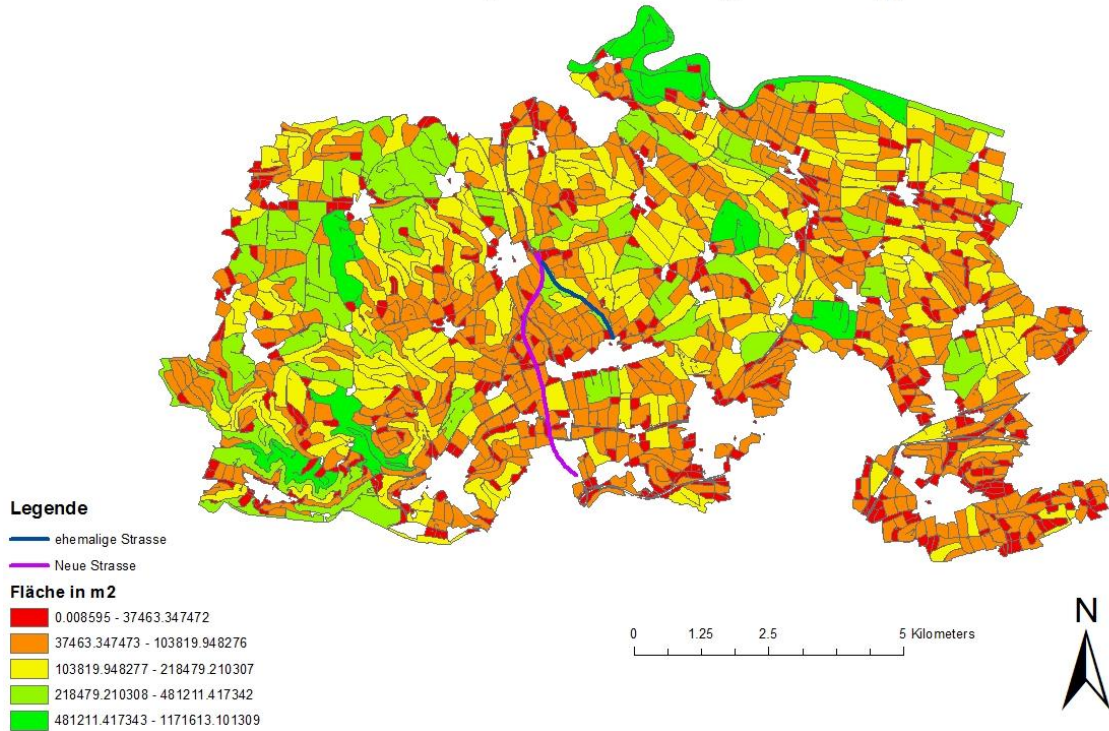
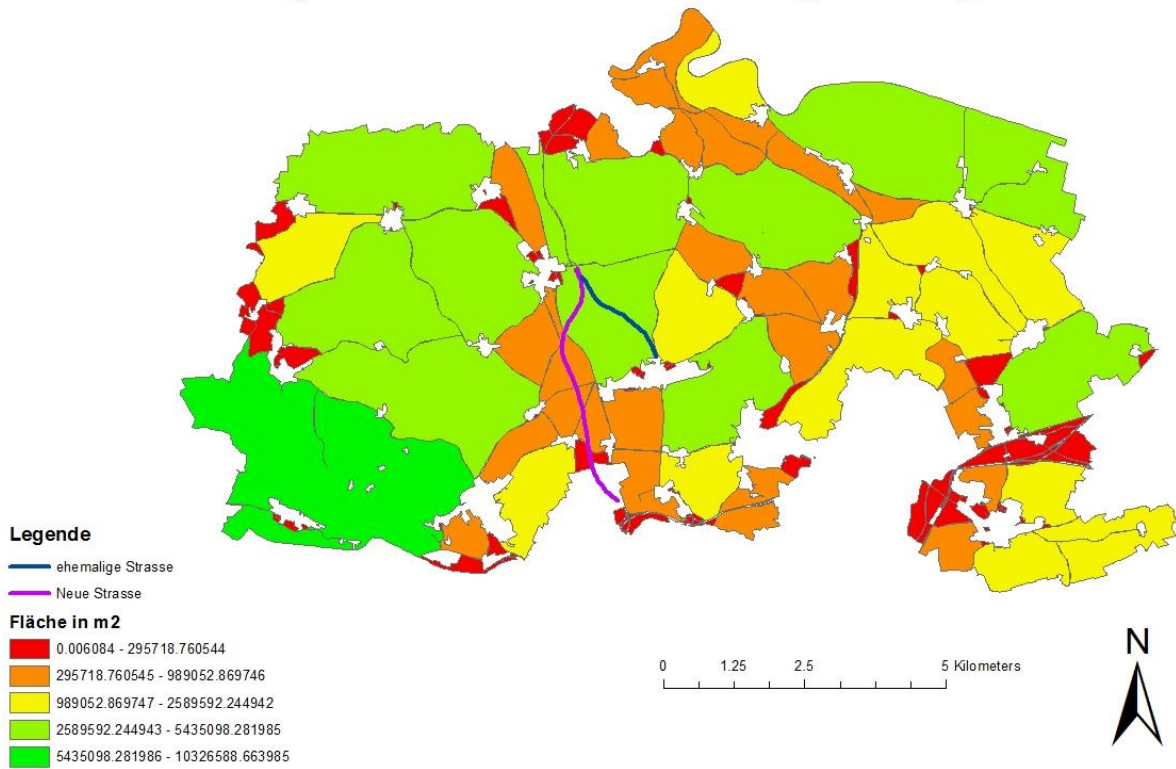


Abbildung 7: Alle Gemeinden mit allen Zerschneidungselementen 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

Abbildung 7 zeigt das ganze Gebiet rund um Hettlingen, mit den zerschneidenden Elementen Autobahn, Eisenbahn, Quartierstrasse, und Strassen 1.-4. Klasse. Es ist klar zu erkennen, dass die nicht zerschnittenen Flächen im Jahr 2002 gegenüber dem Jahr 1980 deutlich kleiner geworden sind, die Landschaft ist also stärker zerschnitten, die Vernetzungswirkung hat abgenommen. Bei einem Blick auf Tabelle 8 wird dieser Unterschied nochmals verdeutlicht. So betrug die effektive Maschenweite im Jahr 1980 0.747 km^2 und der Zerschneidungsgrad 133.8 Maschen pro 100 km^2 , im Jahr 2002 ist die effektive Maschenweite auf 0.169 km^2 gesunken, der Zerschneidungsgrad auf 591.7 Maschen pro 100 km^2 angestiegen.

Weniger zerschneidende Elemente 1980 (grossräumig)



Weniger zerschneidende Elemente 2002 (grossräumig)

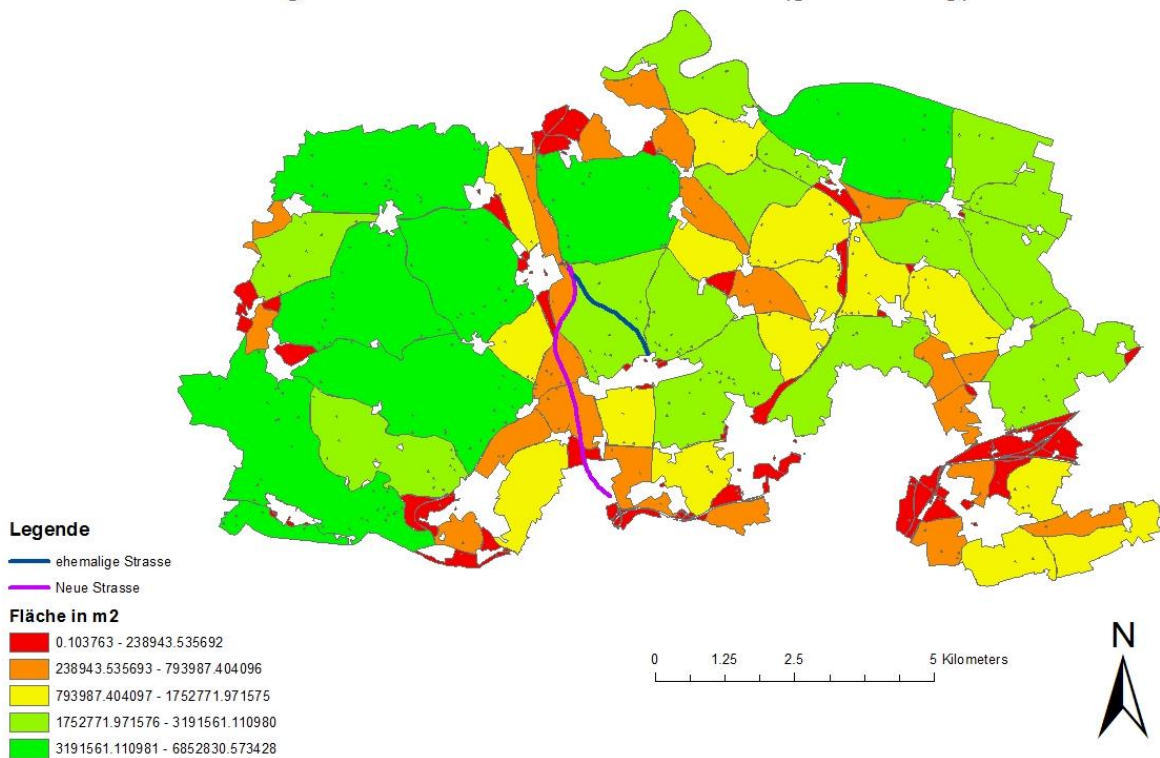
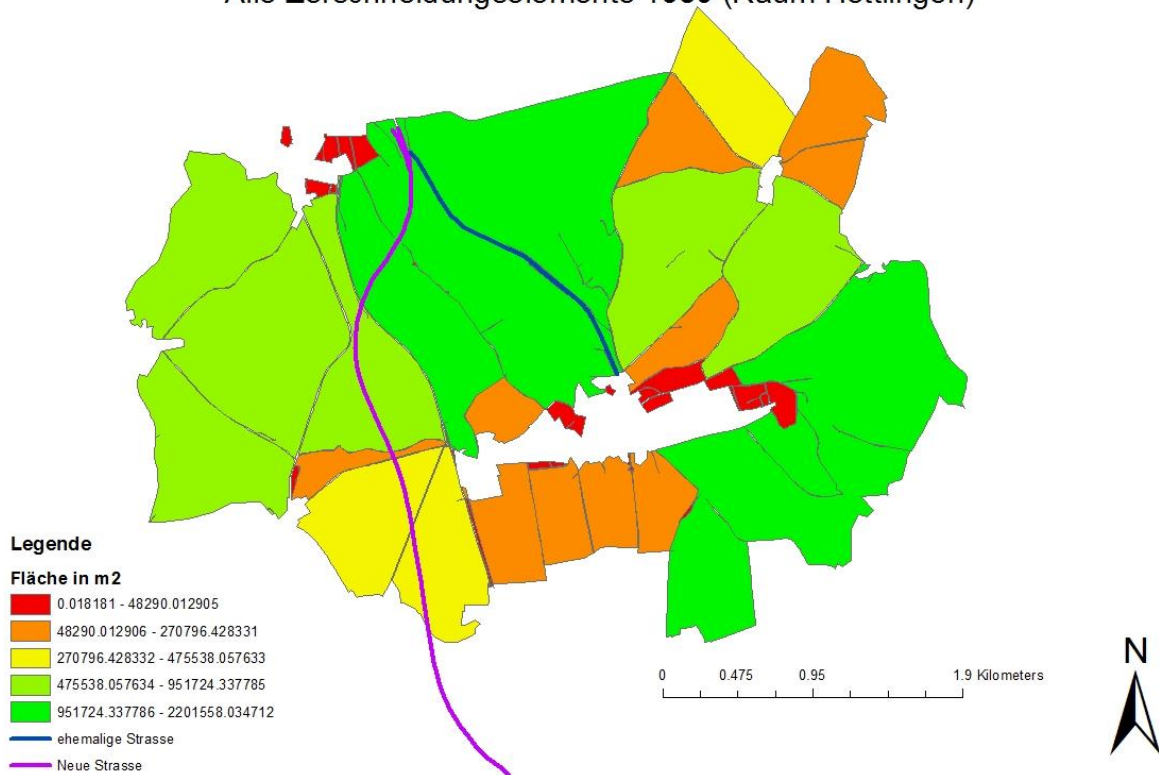


Abbildung 8: Alle Gemeinden mit den zerschneidenden Elementen Eisenbahn, Autobahn und Strassen 1. und 2. Klasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

In den beiden obenstehenden Graphiken (Abbildung 8) wurde eine geringere Anzahl an zerschneidenden Elementen verwendet. Sie zeigen die Landschaftszerschneidung, welche für grössere Tiere, beispielsweise Wild, zu Stande kommt, wobei Autobahnen, Eisenbahnen, Quartierstrassen und Strassen 1. und 2. Klasse als zerschneidende Elemente gelten. Die Wildtierübergänge sind hier besonders wichtig und wurden bei der Darstellung der Autobahn abgezogen. So findet dort eine weniger starke Zerschneidung statt. Auf den ersten Blick wird eine Verschlechterung der Vernetzung gar nicht unbedingt wahrgenommen, jedoch kann dies anhand der Berechnungen in Tabelle 8 erkannt werden. Die effektive Maschenweite im Jahr 1980 betrug 3.495 km², der Zerschneidungsgrad 28.6 Maschen pro 100 km². Im Jahr 2002 ist dieser Wert auf 35 Maschen pro 100 km² angestiegen und die effektive Maschenweite auf 2.853 km² gesunken.

Alle Zerschneidungselemente 1980 (Raum Hettlingen)



Alle Zerschneidungselemente 2002 (Raum Hettlingen)

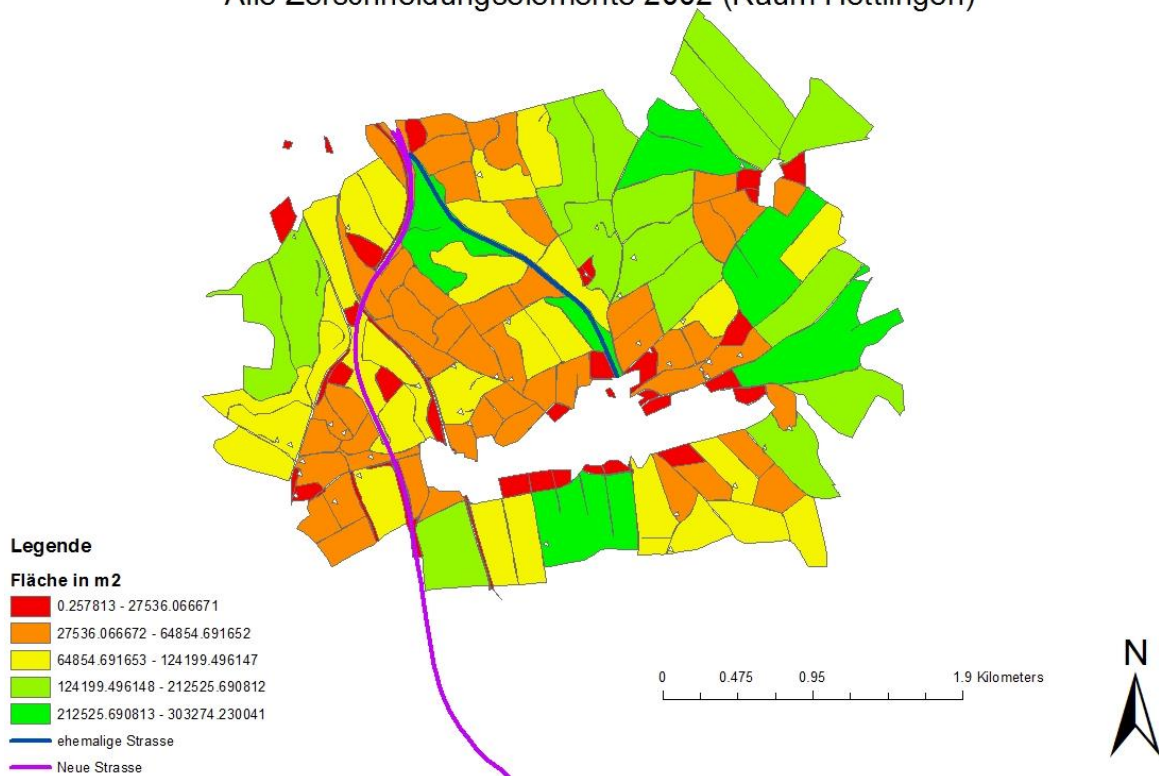


Abbildung 9: Raum Hettlingen mit allen Zerschneidungselementen 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

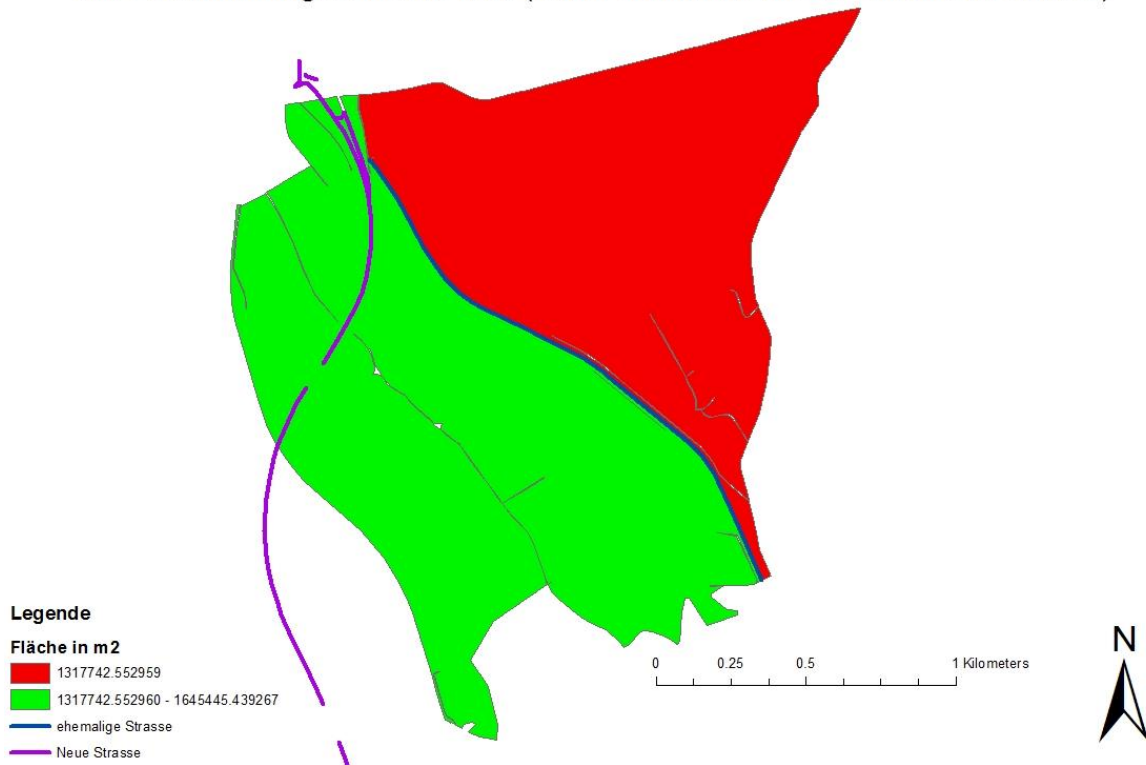
Wird ausschliesslich der Raum Hettlingen betrachtet, wird klar, dass die Zerschneidung bis ins Jahr 2002 stark zugenommen hat, denn die unzerschnittenen Flächen sind deutlich kleiner als im Jahr 1980. Dies zeigt auch die effektive Maschenweite, sowie der Zerschneidungsgrad (vergleiche Tabelle 8). War die effektive Maschenweite im Jahr 1980 noch bei 1.035 km^2 , so ist sie im Jahr 2002 nur noch bei 0.125 km^2 . Auch der Zerschneidungsgrad macht die abnehmende Vernetzungswirkung deutlich. Im Jahr 1980 betrug dieser nur 96.6 Maschen pro 100 km^2 und ist bis ins Jahr 2002 um 702 auf 798.6 Maschen pro 100 km^2 angestiegen.

Die zerschneidenden Elemente Autobahn, Eisenbahn, Quartierstrasse und Strassen 1. und 2. Klasse im Raum Hettlingen zeigen (Abbildung 12, im Anhang), dass sich hauptsächlich im Bereich der neu gebauten Strasse, welche jeweils violett eingezeichnet ist, eine Veränderung abzeichnet. Trotz den Wildtierübergängen, hat in diesem Gebiet im Jahr 2002 eine Verschlechterung der Vernetzung stattgefunden. Die neue Autobahn wurde so gebaut, dass sie die Bahnlinie schneidet und somit eine weitere Zerschneidung zu Stande kommt. Ansonsten hat sich bei der Zerschneidung nicht viel verändert, was anhand der Zahlen ersichtlich wird (siehe Tabelle 8). Die effektive Maschenweite hat sich vom Jahr 1980 bis zum Jahr 2002 nur um 0.103 km^2 verschlechtert, von 3.215 km^2 auf 3.112 km^2 . Und auch der Zerschneidungsgrad wurde nur um eine Masche pro 100 km^2 angehoben, von 31.1 Maschen pro 100 km^2 auf 32.1 Maschen pro 100 km^2 . Trotzdem hat die Qualität des Lebensraumes abgenommen, da eine weitere Fragmentierung entstanden ist.

Wird lediglich der Raum um die renaturierte Strasse mit allen vorhandenen Zerschneidungselementen betrachtet (Abbildung 13, im Anhang), wird auch bei diesen Zahlen in Tabelle 8 ersichtlich, dass die Zerschneidung mit fortschreitenden Jahren zunimmt. Der Zerschneidungsgrad ist von 77.4 Maschen pro 100 km^2 auf 811.9 Maschen pro 100 km^2 angestiegen. Dies ist eine Zunahme von 734.5 Maschen pro 100 km^2 . Die effektive Maschenweite ist demnach von 1.291 km^2 im Jahr 1980 auf 0.123 km^2 im Jahr 2002 deutlich gesunken.

Für den Vergleich der Region unmittelbar um die rückgebaute Strasse (Abbildung 14, im Anhang), wurden für das Jahr 1980 die Zerschneidungselemente Autobahn, Bahnlinie, Quartierstrasse sowie Strassen 1. und 2. Klasse verwendet, für das Jahr 2002 aber die Quartierstrasse weggelassen. Denn sowohl die N4 im Jahr 1980, wie auch der schmale Veloweg neben der renaturierten Strasse im Jahr 2002 werden als Quartierstrassen bezeichnet, sind jedoch von ganz unterschiedlicher Breite. Die Zahlen in der Tabelle 8 zeigen auch hier, dass die Vernetzungswirkung bis ins Jahr 2002 abgenommen hat. Der Unterschied ist allerdings nicht so gross wie bei der Verwendung aller Zerschneidungselementen. War die effektive Maschenweite im Jahr 1980 noch 2.666 km^2 , so ist sie im Jahr 2002 auf 2.421 km^2 gesunken, der Zerschneidungsgrad von 37.5 Maschen pro 100 km^2 im Jahr 1980 auf 41.3 Maschen pro 100 km^2 im Jahr 2002 gestiegen.

Alle Zerschneidungselemente 1980 (Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse)



Alle Zerschneidungselemente 2002 (Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse)

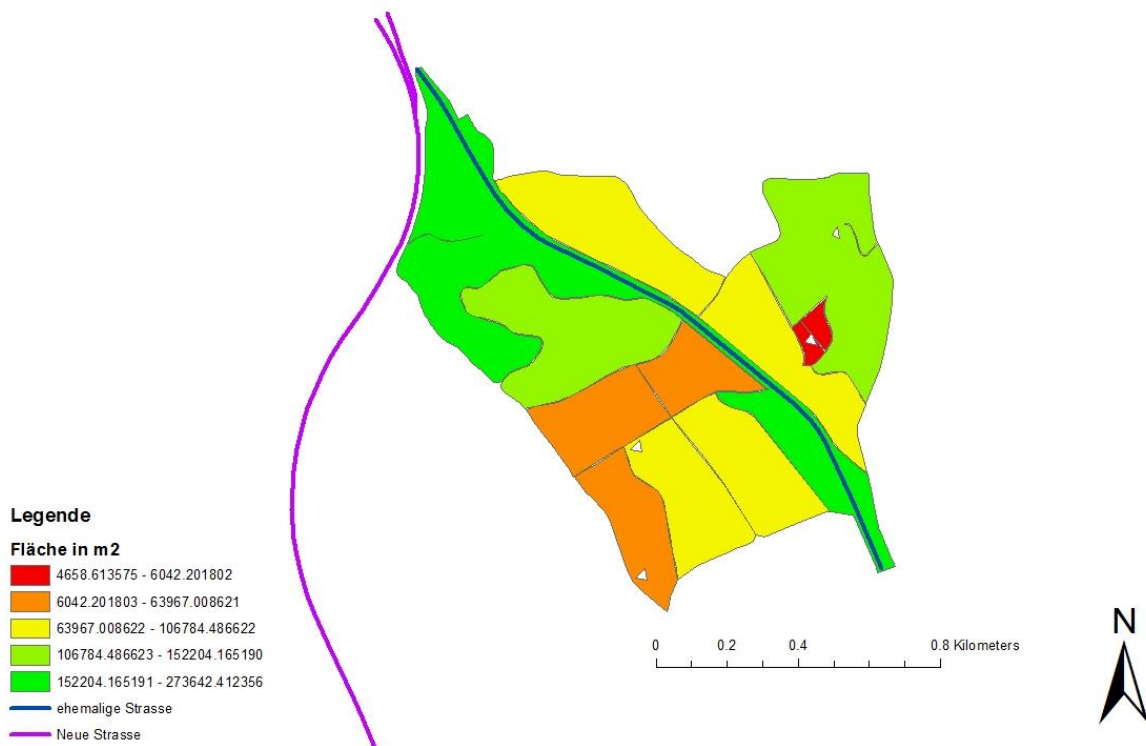


Abbildung 10: Alle Zerschneidungselemente im Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

Auch in Abbildung 10 wird sofort ersichtlich, dass die Zerschneidung im Jahr 2002 gegenüber dem Jahr 1980 stark zugenommen hat. Dies zeigen auch die Zahlen (vergleiche Tabelle 8): Die effektive Maschenweite hat sich von 1980 bis 2002 um den Faktor zehn verändert. Im Jahr 1980 betrug diese noch 1.499 km^2 , im Jahr 2002 lediglich noch 0.143 km^2 . Auch der Zerschneidungsgrad hat sich um denselben Faktor verändert. Im Jahr 1980 betrug er 66.7 Maschen pro 100 km^2 , im Jahr 2002 sogar 698.8 Maschen pro 100 km^2 .

Bei der Berechnung der effektiven Maschenweite und des Zerschneidungsgrades für einen sehr kleinen Ausschnitt unmittelbar um die renaturierte Strasse wird ersichtlich (Abbildung 15, im Anhang), dass auch hier das Jahr 2002 schlechter abschneidet als das Jahr 1980 (vergleiche Tabelle 8). Jedoch ist der Unterschied der beiden Jahre gering. Die effektive Maschenweite im Jahr 1980 beträgt 3.125 km^2 , jene im Jahr 2002 2.773 km^2 . Der Zerschneidungsgrad im Jahr 1980 lag bei 32 Maschen pro 100 km^2 , im Jahr 2002 bei 36.1 Maschen pro 100 km^2 .

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass beim Einbezug aller zerschneidenden Elemente der Unterschied zwischen dem Jahr 1980 und dem Jahr 2002 jeweils deutlich grösser ausfällt, als wenn nur einzelne Zerschneidungselemente miteinbezogen werden. Jedoch sind in jeglichen Gegenüberstellungen und Berechnungen Differenzen zu erkennen, wobei das Jahr 2002 immer schlechter abschneidet. Schlussfolgernd daraus ist, dass die Fragmentierung über die Jahre zugenommen hat.

4 Diskussion

4.1 Ein Lebensraum für viele Arten

Werden die Werte für den Shannon-Index und den Evenness-Index aus der Literatur mit jenen der Feldaufnahmen verglichen, erscheint es, als ob das Rückbau-Ziel, ein Magerwiesen-Standort, erreicht worden ist.

So beschreibt Bai et al. (2001) einen Shannon-Index Wert zwischen 1.69 und 1.95 und einen Evenness-Index Wert zwischen 0.65 und 0.78. Werden die Shannon-Index Werte von den Feldaufnahmen der renaturierten Strasse betrachtet, liegen diese zwischen 1.56 und 2.63, die Evenness-Index Werte befinden sich im Bereich von 0.59 und 0.904.

Ellmauer (1996) beschreibt Shannon-Index Werte zwischen 2.06 und 2.64, was einem etwas höheren Wert entspricht, als durch die Feldaufnahmen ermittelten Werte, was bedeutet, dass die Biodiversität auf der Fläche der renaturierten Strasse etwas tiefer liegt. Die Evenness-Index Werte der Feldaufnahmen erreichen jedoch ähnliche Werte wie in der Literatur, welche zwischen 0.6 und 0.7 liegen. Dass die Biodiversitäts-Index Werte von Ellmauer (1996) etwas höher sind, könnte zum einen daran liegen, dass der renaturierte Standort noch kein Magerwiesen-Ökosystem erreicht hat und noch immer ein Misch-Ökosystem zwischen einer Ruderalfläche und einer Magerwiese darstellt. Zum anderen wäre es auch möglich, dass die ermittelten Werte in den Feldaufnahmen deswegen kleiner sind, weil nicht alle Arten gefunden und als solche erkannt wurden oder dass der Deckungsgrad falsch abgeschätzt wurde, was den Shannon-Index nach unten drücken kann.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Shannon-Index Werte in den Feldaufnahmen annäherungsweise an jene in der Literatur herankommen. Dies ist ein gutes Zeichen, denn Magerwiesen fallen immer öfters intensiv bewirtschafteten Weiden und Monokulturen zum Opfer (Ellmauer, 1996) und immer wieder verschwinden Magerwiesepflanzen auf Kosten von Fettwiesepflanzen oder Ubiquisten (Peter und Lüscher, 2012). Kann durch diesen Strassenrückbau tatsächlich eine Magerwiese erreicht werden, wäre das ein ökologischer und naturschutzbiologischer Erfolg. Denn oftmals enthalten Magerwiesen viele Rote Liste Arten und sind somit wertvolle Ökosystemtypen (Ellmauer, 1996). Anhand der Roten Liste und der Liste der National Prioritären Arten können Arten von wichtiger Bedeutung ermittelt werden.

National Prioritäre Arten sind in den Lebensräumen der Schweiz nach Delarze und Gonseth (2008) im Grünland (Naturrasen, Wiesen, Weiden) mit 20% und an Ruderalstandorten lediglich mit 4% vertreten (BAFU, 2011: Liste der National Prioritären Arten). Da die renaturierte Fläche ein Gemisch aus Grünland (Magerwiese) und Pioniervegetation darstellt (Delarze und Gonseth, 2008), ist eine

logische Schlussfolgerung, dass eher eine geringere Zahl von Arten mit nationaler Bedeutung vorhanden ist. Dies wird auch in den Resultaten (Kapitel 3.2) ersichtlich, denn es wurden in der Feldaufnahme nur drei Arten mit nationaler Bedeutung gefunden.

Es ist also durchaus plausibel, dass tatsächlich nicht mehr Arten mit nationaler Priorität vorhanden sind, jedoch ist es auch möglich, dass nicht alle Arten erkannt oder gefunden wurden, was zu der kleinen Zahl geführt hat.

Auch von der Roten Liste sind nur wenige Arten vertreten. Eine mögliche Schlussfolgerung aus der geringen Zahl ist, dass solche Arten nicht oft anzutreffen sind und möglicherweise übersehen oder teilweise einfach nicht als solche erkannt wurden. Es ist ausserdem schwierig, wertvolle Ökosysteme neu zu schaffen. Diese zu erhalten, um somit Rote Liste Arten zu schützen wäre deutlich einfacher und aus Sicht des Naturschutzes wünschenswert (Peter und Lüscher, 2012). Jedoch wurden vom Naturschutzverein Hettlingen Tiere entdeckt, welche zu den Rote Liste Arten zählen (Reichmuth, 2014). So findet sich im Bereich der rückgebauten Strasse die gemeine Sichelschrecke (*Phaneroptera falcata*), welche zuerst nur im vordersten Bereich verbreitet war und mittlerweile fast auf der ganzen Fläche vorkommt. Ebenso findet sich die Lauchschrecke (*Mecostethus parapleurus*) und die Beisschrecke (*Metrioptera*) auf dem Areal der ehemaligen N4, welche beide zu den Rote Liste Arten gehören.

Auch sonst sind viele weitere Tierarten, welche zwar nicht auf der Roten Liste oder der Liste der National Prioritären Arten zu finden sind, von selbst eingewandert und konnten sich gut etablieren (Reichmuth und Däscher, 2014). Dazu gehören der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*), der Mauerfuchs (*Lasiommata megera*), der himmelblaue Bläuling (*Polyommatus bellargus*) oder der braune Feuerfalter (*Lycaena tityrus*). Diese konnten sich in diesem Gebiet sehr stark ausbreiten, vor allem auf Grund des länger stehenden Grases. Das länger stehen und nach dem Mähen liegen bleibende Gras, wird als Zeichen für ein ökologisch wertvolles Ökosystem gedeutet (Reichmuth und Däscher, 2014). Ein wertvolles Ökosystem wurde in Kapitel 1 Einleitung als magerwiesentypisches Ökosystem mit seltenen Arten definiert. Das nur einmal im Jahr geschnittene Gras und der fehlende Düngereintrag deutet auf einen Magerwiesenstandort hin (Ruckstuhl et al., 2010).

Bei den Reptilien befinden sich die Zauneidechse (*Lacerta agilis*) (verletzlich) und die Ringelnatter (*Natrix natrix*) (stark gefährdet v.a. in der Nordostschweiz) auf der Roten Liste, zusätzlich wurden noch Blindschleichen (*Anguis fragilis*) (nicht gefährdet, aber Rückgang im Tiefland) und Bergeidechsen (*Zootoca vivipara*) (nicht gefährdet) gefunden. Im Bereich der Amphibien sind die Erdkröte (*Bufo bufo*) (verletzlich) und die vereinzelt Gelbbauchunken (*Bombina variegata*) (stark gefährdet) Rote Liste Arten. Des Weiteren konnten sich auch viele Grasfrösche (*Rana temporaria*) (nicht gefährdet) und Bergmolche (*Ichthyosaura alpestris*) (nicht gefährdet) etablieren (Reichmuth

und Däscher, 2014). All diese Arten deuten auf ein aufrechtes Ökosystem hin, welches anhand der diversen und dynamischen Strukturen für viele Arten ein wertvolles zu Hause bietet (Reichmuth und Däscher, 2014).

Die Hypothese „In der Zeit, seit die Strasse entfernt wurde, konnte sich kein ökologisch wertvolles Ökosystem entwickeln.“ muss also in diesem Sinne abgelehnt werden. Es ist zwar nicht das wertvollste Ökosystem schlechthin, da immer noch einige Defizite, wie beispielsweise zu wenig tiefgründiger und zu stark verdichteter Boden, vorhanden sind, allerdings bilden die diversen Strukturen ein vielfältiger Lebensraum für viele verschiedene Tiere und Pflanzen.

4.2 Mischtyp Halbtrockenrasen und Ruderalflur

Der Standort wurde, wie schon in Kapitel 3.2 beschrieben, als Gemisch aus einem mitteleuropäischen Halbtrockenrasen und einem mesophilen Ruderalflur mit Einschlüssen von Fettwiesen und –weiden ermittelt (Delarze und Gonseth, 2008).

Die renaturierte Fläche bei Hettlingen wird nach Reichmuth und Däscher (2014) nur einmal im Jahr geschnitten, meist erst ab Juli oder gar später, das Schnittgut wird liegen gelassen und Düngung erfolgt keine. Dies deutet sicherlich auf einen mageren Standort hin. Gepflegt wird das Gebiet nicht nach einem bestimmten Plan und erfolgt nach eigenem Gutbefinden von Guide Reichmuth. Trotzdem ist diese Pflege wichtig, damit der Standort überhaupt als solcher erhalten bleiben kann, denn ohne Pflege erfolgt durch die natürliche Sukzession in wenigen Jahren erst eine Verbuschung und dann die Rückkehr des Waldes (Reichmuth und Däscher, 2014).

Doch es ist wichtig, solche Standorte zu erhalten, denn in den letzten Jahren sind sie, vor allem im Mittelland, stark rückläufig, da sie durch die intensive Landwirtschaft bedroht sind (Delarze und Gonseth, 2008). Und auch Ruderalfluren sind auf magere und anthropogen beeinflusste Standorte angewiesen und daher immer seltener anzutreffen. Sie fallen den immer stärker eingesetzten Herbiziden zum Opfer und auch der Rückgang der Öd- und Kieslandschaften, auf welchen Ruderalstandorte entstehen, führt zum Verschwinden von Ruderalfluren (Delarze und Gonseth, 2008).

Der Einfluss der Fettwiesenpflanzen entsteht möglicherweise durch die umgebenden Landwirtschaftsflächen. Obwohl Reichmuth und Däscher (2014) behaupten, dass die intensiv genutzten Flächen keine Beeinträchtigung ausüben, ist es durchaus möglich, dass der durch das Gebiet fließende Bach und die Drainagen Nährstoffe eintragen und dadurch das Wachstum von Fettwiesenpflanzen begünstigen. Auch gerade weil solche Arten nicht standorttypisch sind (Delarze

und Gonseth, 2008), ist diese Annahme berechtigt. Normalerweise sind Fettwiesen oder -weiden auf intensive Düngung und regelmässige Schnitte beziehungsweise auf Beweidungen angewiesen und zeigen nur eine geringe Artenvielfalt auf (Delarze und Gonseth, 2008), was auf dem renaturierten Areal nicht der Fall ist.

4.3 Von der Pioniervegetation zum Ökosystem

Um Ruderalflächen neu zu besiedeln sind hauptsächlich stresstolerante Arten gefragt. Denn auf brachliegenden Flächen herrschen oft extreme Bedingungen. Die Pflanzen sind Wind und Wetter vollständig ausgeliefert (del Moral und Wood, 1993). Solche Störungen können auch in ersten Pioniergesellschaften wieder grosse Veränderungen zur Folge haben und dadurch die Sukzession beeinflussen (Marzen et al., 2011). Pionierpflanzen sind den anfänglichen Bedingungen perfekt angepasst. Auch auf dem renaturierten Strassenabschnitt bei Hettlingen befinden sich immer noch drei Pionierpflanzen (Lauber et al., 2012). Dies deutet darauf hin, dass solche Pflanzen den Standort zuerst erfolgreich bewachsen haben. Durch die Sukzession konnte dieser Standort jedoch von anderen Pflanzen übernommen werden.

Je grösser eine solche Ruderalfläche ist und je mehr exponiert diese gelegen ist, desto länger dauert eine Wiederbewachsung durch Pflanzen. Die renaturierte Fläche in Hettlingen ist jedoch klein und vor allem schmal. Die Wiederbewachsung dürfte demnach nicht all zu lange gedauert haben.

Die Verbesserung der Bodenbedingungen ist stark zufallsbedingt, dauert sehr lang und viele abiotische Prozesse müssen stattfinden, damit auch langsam wieder biotische Abläufe erfolgen können (del Moral und Wood, 1993). Die Entstehung von Pioniervegetation oder die Erholung von stark beeinflussten Flächen werden oft durch Klimafaktoren und den ökologischen Konditionen des Standortes beeinflusst (Singh et al., 2001). So sind Mikroorganismen jeweils von grosser Bedeutung, denn sie sind für den Nährstoffkreislauf im Boden verantwortlich (Singh et al., 2001). Soll eine versiegelte Fläche aufgebrochen werden und wieder natürlichen Bedingungen vorherrschen, ist der Boden grösstenteils extrem stark verdichtet (Knapp, 1992), wie dies auch auf der renaturierten Strasse bei Hettlingen der Fall war. Meist ist eine Auflockerung der Bodenstruktur und ein Aufbringen von Oberboden die einzige Möglichkeit, um eine Rekultivierung überhaupt zu ermöglichen (Elseroad et al., 2003). Durch diese Auflockerung kann die Bodendichte reduziert, die Bodenfeuchtigkeit erhöht und das Porensystem verbessert werden (Miles und Froehlich, 1988). Bei Hettlingen fand weder eine spezielle Auflockerung der Bodenstruktur statt noch wurde Oberboden aufgetragen (Reichmuth und Däscher, 2014 oder Fries, 2013). Trotzdem konnten sich erste Pionierpflanzen etablieren und sich ein wertvolles Ökosystem entwickeln. Es ist also auch ohne diese Auflockerung und Aufbringen von Oberboden möglich, jedoch hätte eine Bearbeitung des Bodens, besonders eine Auflockerung, den

Standortort sicherlich deutlich verbessert. Denn nach wie vor ist die Dichte des Bodens eine starke Limitierung für die Pflanzen und es wird noch viele Jahre dauern, bis die Bodenbildung wieder einen wertvollen Bodentyp entstehen lässt (Gasche, 2013).

Teilweise kann sogar das Ansäen einer lokalen Pflanzenmischung von Vorteil sein, damit die Bodendichte durch die Wurzelstrukturen schneller abnimmt, die Erosion aufgehoben, dadurch die Bodenstruktur verbessert und somit eine natürliche Sukzession und Rekultivierung erst möglich wird (Swift und Burns, 1999). Auf der renaturierten Fläche in Hettlingen wurden zwar keine Pflanzenmischungen angesät, jedoch konnten sich durch Ausbringen von Heu verschiedene Pflanzenarten etablieren (Reichmuth und Däscher, 2014).

4.4 Trotz Strassenrückbau keine bessere Vernetzung der Landschaft

Je kleiner die effektive Maschenweite, desto grösser ist der Zerschneidungsgrad und desto negativer sind die Auswirkungen für die Landschaft, das Ökosystem, Tiere und Pflanzen (Bertiller et al., 2007).

Werden die Resultate in Kapitel 3.5.2 betrachtet, wird deutlich, dass die Vernetzungswirkung trotz Rückbau der Strasse wieder erwarten nicht zugenommen, sondern sich in der Region sogar noch verschlechtert hat. Mögliche Erklärungen finden sich in BAFU (2009): Die Landschaftszerschneidung hat in den letzten Jahren allgemein stark zugenommen, die effektive Maschenweite demnach stetig abgenommen, was bedeutet, dass der Zerschneidungsgrad erhöht wurde. So ist die Landschaft trotz Strassenrückbau vermehrt zerschnitten worden, sodass der Rückbau der N4 keine bemerkbare Auswirkung auf die Region Hettlingen hat, die effektive Maschenweite ist sogar von 2.667 km² auf 2.42 km² gesunken. Wird der Veloweg neben der renaturierten Strasse im Jahr 2002 als zusätzliches Zerschneidungselement eingerechnet, ist die Abnahme der effektiven Maschenweite sogar noch deutlicher ausgeprägt.

Ausserdem ist die räumliche Beschaffenheit der rekultivierten Fläche keine ideale Habitatstruktur. Durch die geringe Breite entstehen erhöhte Randeffekte, was aus naturschutzbiologischer Sicht negative Einflüsse auf die Qualität des Lebensraumes hat (Fahrig, 2003).

Die allgemeine Landschaftszerschneidung in der Region hat so stark zugenommen, dass sie durch die Renaturierung des betrachteten Strassenabschnittes nicht kompensiert werden konnte. Daher muss die Hypothese „Ökologisch und naturschutzbiologisch gesehen, wird die Qualität des Lebensraumes erhöht, da durch das Aufheben der Landschaftszerschneidung durch den Rückbau der Strasse die Vernetzungswirkung deutlich verbessert wird.“ abgelehnt werden.

Siedlung und Verkehr haben eine so starke Auswirkung auf die Landschaft und das Ökosystem, dass der ursprüngliche Zustand, der vor dem Bau der N4 vorherrschte, nicht wieder hergestellt werden kann. Die Fragmentierung im ganzen Raum Hettlingen nimmt trotz Strassenrückbau stetig zu, Siedlungen dehnen sich aus und der Lärm und die Emissionen durch den Verkehr nehmen zu. Dies führt zu negativen Auswirkungen auf das vorhandene Ökosystem (Bertiller et al., 2007).

Für die Interpretation der Zerschneidung muss unbedingt der ganze Raum Hettlingen betrachtet werden, denn dadurch wird klar, dass die Fragmentierung überall stark zugenommen und sich die Vernetzungswirkung durch den Strassenrückbau wegen der immer weiter zunehmenden Zerschneidung nicht verbessert hat.

Zusätzlich zur effektiven Maschenweite müsste auch die Verkehrsfrequenz in die Berechnung miteinbezogen werden, denn je mehr Autos über eine Strasse fahren, desto grösser sind die Beeinträchtigungen wie Mortalität, Lärm und Schadstoffe (Bertiller et al., 2007). Jedoch sind kaum Daten dazu vorhanden, welche Verkehrsstärken sich wie auf die verschiedenen Tierarten auswirken und wie stark sie diese beeinträchtigen (Jäger et al., 2005).

Ein grundlegendes Problem der Fragmentierung ist, dass sie leider weder zeitlich noch örtlich begrenzt ist, was zu einem anhaltenden Negativtrend führt (Forman et al., 2003 und Schupp, 2005).

Vor allem Strassen 3. und 4. Klasse haben in den letzten Jahren stark zugenommen (Bertiller et al., 2007). Gerade diese sind im Bereich der renaturierten Strasse stark vertreten, was die Zerschneidungswirkung noch verstärkt. Des Weiteren muss beachtet werden, dass sich Strassenklassen im Verlaufe der Jahre verändern können (BAFU, 2009). Dadurch kann die effektive Maschenweite beeinflusst und Resultate verfälscht werden (BAFU, 2009). Ein gutes Beispiel dafür ist, dass sowohl die N4 wie auch der nach dem Rückbau vorhandene Veloweg als eine Quartierstrasse gelten, obwohl deren Breiten total unterschiedlich sind. Deswegen wurde bei der Berechnung der effektiven Maschenweite die Quartierstrasse im Jahr 2002 weggelassen. Trotz allem ist die Fragmentierung gestiegen.

Es gibt jedoch Lösungsansätze für die immer stärker zunehmende Fragmentierung durch die Zunahme von Siedlungen und Verkehrswege. So sind Wildtierübergänge ein grosses Thema. In den 90er Jahren wurden in der Schweiz die ersten Wildtierübergänge gebaut und sind seither wichtige Verbindungen zwischen den zerschnittenen Habitaten (Holzgang et al., 2005). Besonders wichtig sind solche Übergänge nicht nur für grosse Wildtiere wie beispielsweise Rehe oder Füchse, sondern ebenfalls für kleinere Tiere wie Insekten, Fledermäuse, Amphibien und Vögel. Denn nur wenn vertraute Umgebungen vorhanden sind, können obengenannte Tiere auch wandern und sich fortbewegen (Holzgang et al., 2005). Wildtierübergänge führen zu einer wichtigen Populationsdynamik und somit zu überlebenswichtigem genetischem Austausch und erhöhter

biologischer Fitness (Bertiller et al., 2007). Auch beim Bau der neuen Strasse wurden solche Wildtierübergänge erstellt. Allerdings bleiben die Probleme des Lärms und der Schadstoffemission, sowie der fragmentierten Habitats bestehen (Bertiller et al., 2007) und Wildtierübergänge sind nur vorteilhaft, wenn deren Breite möglichst weit und deren zu verbindende Teilhabitate möglichst grossflächig sind. Dasselbe ist auch bei Rückbauten zu beachten. Denn wenn rückgebaute Strassen möglichst breit und die Habitats möglichst gross sind, ist der entstehende Effekt am höchsten (Bertiller et al., 2007). Da die renaturierte Strasse eine geringe Breite aufweist und der Veloweg diese nochmals verringert, ist der Effekt der entstehenden Vernetzungswirkung gering.

Eine weitere wichtige Massnahme ist, dass unverbaute Landstücke, welche grösser als 50 Quadratkilometer sind, vor einer weiteren Zerschneidung geschützt werden müssen (Stremlow et al. 2003). Denn gerade im Mittelland, in der Region mit der höchsten Zerschneidung (BAFU, 2009), sind kaum mehr solche Gebiete vorhanden (BAFU, 2009 und Bertiller et al., 2007).

Weitere Faktoren um die Fragmentierung in Zukunft nicht noch weiter zu verstärken, wären beispielsweise eine Bündelung von Strassen. Beim Bau der neuen Strasse ausserhalb der Gemeinde Hettlingen wurde dies leider nicht beachtet. Anstatt die Autobahn direkt neben die schon vorhandene Bahnlinie zu platzieren, wurde sie quer in die Landschaft gebaut, was eine weitere Fragmentierung zur Folge hat.

Neue Verkehrswege sollten möglichst neben schon bestehenden gebaut werden und alte Strassen werden besser aus- statt neue dazu gebaut (Bertiller et al., 2007). Im Bereich der ehemaligen N4 wurde zwar eine relativ stark befahrene und auch breite Strasse entfernt, jedoch entstand durch den Langsamverkehrsweg neben der renaturierten Strasse eine erneute Zerschneidung bzw. wurde die Zerschneidung kaum aufgehoben. Für alle Kleintiere bedeutet dieser Velo- und Fussgängerweg nach wie vor eine enorme Barriere. Jedoch soll die Autobahn neu auf vier Spuren ausgeweitet werden. Dies ist trotz weiterer Versiegelung der Landschaft besser als eine neue zusätzlich Strasse zu errichten.

Auch ein Oasenkonzept wäre eine ideale Lösung um den Raum nicht noch stärker zu beanspruchen. Dabei soll eine durchgehende Strasse entstehen, von welcher jeweils einen Weg in die Siedlung wegführt. Somit sind nicht alle Dörfer mit allen verbunden und die Zerschneidung würde deutlich verringert werden. Abbildung 11 zeigt eine schematische Darstellung der heute vorhandenen Situation (links) und des wünschenswerten Oasenkonzeptes (rechts), welche die Fragmentierung verringert (Bertiller et al., 2007).

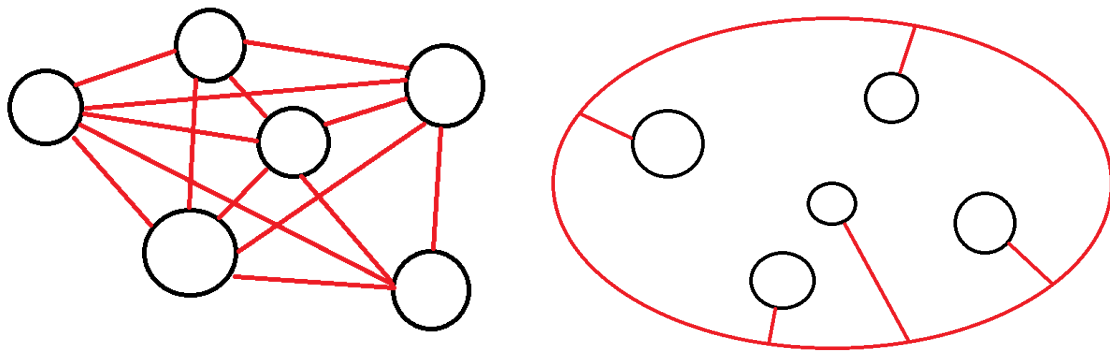


Abbildung 11: In der Schematischen Darstellung stellen die schwarzen Kreise Siedlungen dar, die Roten Linien Strassen. Starke Fragmentierung durch Verbindung aller Siedlungen miteinander (links) und das Oasenkonzept (rechts) mit geringerer Fragmentierung (Eigene Darstellung)

Soll im Raum Hettlingen ein solches Oasenkonzept umgesetzt werden, müssen noch weitere Strassenabschnitte aufgebrochen und renaturiert werden, die Fragmentierung würde ab-, die Vernetzungswirkung zunehmen. Zusätzlich würde viel neuer Erholungsraum unmittelbar neben den Siedlungen entstehen, wodurch nicht weiter unberührte Natur für Erholung- und Sportmöglichkeiten zerstört werden müsste.

Denn Strassen-Rückbauten sind ein wichtiges Instrument um die Landschaftszerschneidung zu verringern oder wenigstens nicht weiter zu erhöhen, jedoch werden solche Massnahmen nur extrem selten vorgenommen (Bertiller et al., 2007).

Laut Jäger et al. (2005) sollte eine Trendwende im Bereich der Landschaftszerschneidung nicht mehr all zu lange auf sich warten lassen und die wichtigsten Ziele, der Rückbau von zerschneidenden Elementen, sowie die verstärkte Errichtung von Wildtierübergängen um die Artenvielfalt zu erhalten und die Populationen zu sichern, sollten umgesetzt werden.

5 Schlusswort und Fazit

Die bei den Feldaufnahmen aufgefundenen Pflanzenarten und die ermittelten Shannon-Index und Evenness-Index Werte deuten auf ein Magerwiesen-Ruderalflur Standort hin. Das Gemisch der zwei Ökosystemtypen entsteht durch die momentan durchlaufende Veränderung eines Ruderal- in einen Magerwiesenstandort, wobei schon deutlich stärkere Magerwiesenstandort-Eigenschaften vorzufinden sind, wie Ruderalstandort-Eigenschaften. Der bei Projektstart gewünschte Zustand eines Magerwiesen-Ökosystems wurde dennoch nicht vollständig erreicht.

Rote Liste Arten und Arten von nationaler Priorität ist nur eine geringe Zahl vorhanden. Dies deutet darauf hin, dass sich das Ökosystem in dieser Hinsicht noch zu keinem Wertvollen entwickeln konnte, jedoch bietet es durch die grosse Vielfalt und Dynamik ein wertvoller Lebensraum für viele Tierarten.

Der ursprüngliche Zustand kann allerdings nicht wieder hergestellt werden, weswegen wertvolle Ökosysteme unbedingt erhalten bleiben müssen, denn diese wieder herzustellen ist sehr schwierig (Peter und Lüscher, 2007).

Die Vernetzungswirkung hat in den letzten Jahren trotz dem Aufbrechen der Strasse stark abgenommen, was daran liegt, dass die zunehmende Fragmentierung der Landschaft die Kompensation durch die Aufhebung der Strasse überschritten hat. Es muss also eine schnelle Trendwende erfolgen, damit die Natur nicht noch weiter fragmentiert wird. Die Siedlungen sollten nach innen verdichtet und möglichst wenig intakte Natur versiegelt werden.

Die Raumplanung hat hierbei eine übergeordnete Rolle in Bezug auf die Natur und die Umwelt. Zum einen soll die Siedlungsqualität verbessert und die regionale Vielfalt gefördert, zum anderen die natürlichen Ressourcen gesichert werden. Dies alles geschieht durch die Förderung von naturnahen Landschaften und dem nachhaltigen Umgang mit dem Boden, was durch eine Verdichtung nach innen und einem Verbot von Überbauen neuer Flächen erreicht werden soll (Straumann et al., 2012). Eine weiterschreitende Überbauung muss unbedingt gestoppt werden. Strenge Auflagen für Kompensationen durch Rückbaumassnahmen könnten eine Möglichkeit sein um voranschreitende Versiegelung zu stoppen. So könnten beispielsweise Erholungsgebiete auf renaturierten Flächen entstehen, anstatt für diese intakte Natur zu zerstören und zu beanspruchen. Somit kann die Biodiversität erhalten bleiben, denn diese kann nicht so einfach wieder hergestellt werden (Straumann et al., 2012). Das entsiegelte Gebiet in Hettlingen wird momentan hauptsächlich für die Naherholung genutzt, gerade in Kombination mit dem Langsamverkehrweg neben der ehemaligen Strasse ist die Nutzung für Freizeit- und Sportaktivitäten ideal.

Es besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf. So ist nicht klar, wie sich ein renaturiertes Ökosystem entwickelt, wenn der Boden im Vorhinein aufgelockert oder eine lokale Samenmischung ausgebracht würde. Des Weiteren muss beobachtet werden, wie sich die renaturierte Fläche bei Hettlingen in den nächsten Jahrzehnten und Jahrhunderten verändert, da sich die Bodenbedingungen stetig verbessern werden, was wahrscheinlich positive Auswirkungen auf das Ökosystem haben wird. Zudem wäre es spannend die Feuchtgebiete auf der renaturierten Fläche noch genauer zu betrachten. Beinhalten diese Gebiete Rote Liste Arten oder National Prioritäre Arten? Wie haben sie sich im Verlaufe der bisherigen Zeit verändert und wie ist die Qualität des Wassers in den Sümpfen? All dies wären weitere Forschungsmöglichkeiten und könnten zu spannenden Ergebnissen führen.

6 Dank

Ich bedanke mich bei Silvia Tobias für die Betreuung und die fachliche Unterstützung und bei Markus Egli für die Fakultätsvertretung. Ein weiteres Dankeschön geht an meine Interview-Partner, Markus Fries vom ILU, Jacqueline Stalder von der Fachstelle Naturschutz des Kanton Zürichs und Guido Reichmuth zusammen mit Alex Däscher des Naturschutzvereins Hettlingen, welche mir wertvolle Informationen und Inputs über das Projekt lieferten.

Des Weiteren möchte ich mich auch bei Martin Zürrer und Silvia Tobias bedanken für die Bereitstellung der Bodenprofile, sowie bei Thomas Gasche von Gasche Bodengutachten für die Hilfe bei der Interpretation der Bodenprofile.

Ein zusätzlicher Dank geht an Christan Schwick von der WSL, welcher mir die GIS-Daten für die Vernetzungswirkung lieferte, an Kalin Müller und Martin Hägeli, welche mich bei GIS Problemen fachlich unterstützten sowie an die WSL selbst, welches mir eine GIS-Lizenz für die Arbeit an meinem Laptop zu Hause zur Verfügung stellte.

Als letztes gilt der Dank auch Hans Buser, welcher mich bei der Pflanzenbestimmung und Artenkenntnis unterstützte.

7 Literaturverzeichnis

- Aichele D. (1975): Was blüht denn da. *Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart*. 37. Auflage
- BAFU (2009): Landschaftszerschneidung. *Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring*.
- BAFU (2011): Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. *Bundesamt für Umwelt, Bern*. Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.
- Bai Y., Abouguendia Z., Redmann R.E. (2001): Relationship between plant species diversity and grassland conditions. *J. Range Manage* 54: 177–183.
- Bertiller, R., Schwick, C., Jaeger, J. (2007): Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885 – 2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. *ASTRA-Bericht, Bern*.
- Binz A., Heitz C. (1990): Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. *Schwabe&Co. AG Verlag Basel*. 19. Auflage.
- Delarze R., Gonseth Y., Galland P., Eggenberg S., Vust M. (2008): Lebensräume der Schweiz: Ökologie – Gefährdung – Kennarten. *Ott Verlag ein Unternehmen der hep Verlag AG in Bern* 2. Auflage.
- Del Moral R., Wood D.M. (1993): Early primary succession on the volcano Mount St. Helens. *Journal of Vegetation Sciences* 4 : 223-234.
- Ellmayer T. (1996): Die Bedeutung von Wiesengesellschaften für Biodiversität und Naturschutz in Österreich. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 133: 277-299.
- Elseroad A.C., Fulé P.Z., Covington W.W. (2003): Forest Road Revegetation: Effect of Seeding and Soil Amendments. *Ecological Restoration* 21:3, 180-185.
- Fahrig L. (2003): Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487-515.
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H., Fahrig L., France R., Goldman C.R., Heanue K., Jones J.A., Swanson F.J., Turrentine T., Winter, T.C. (2003): Road Ecology. Science and Solutions. *Island Press, Washington*.
- Fries M. (2013): Persönliches Interview geführt von der Verfasserin, Uster, 13. Dezember 2013.
- Gasche T. (2013): Persönliches Interview geführt von der Verfasserin, Basel, im November 2013.
- Gruenwald R., Schubert H. (2007): The definition of a new plant diversity index „H'_{dune}“ for assessing human damage on coastal dunes—Derived from the Shannon index of entropy H'. *Ecological Indicators* 7: 1-21.
- Holzgang O., Righetti A., Pfister H.P. (2005): Schweizer Wildtierkorridore auf dem Papier, in den Köpfen und in der Landschaft. *GAIA* 14/2: 148-151.
- Jäger J., Grau S., Haber W. (2005): Einführung: Landschaftszerschneidung und die Folgen. *GAIA* 14/2: 98– 100.

- Jäger J., Grau S., Haber W. (2005): Landschaftszerschneidung: Von der Problemerkennung zum Handeln. *GAIA* 14/2: 81-200.
- Jäger J., Holderegger R. (2005): Schwellenwerte der Landschaftszerschneidung. *GAIA* 14/2: 113 – 118.
- Klapp E. (1958): Grünlandkräuter. *Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg*.
- Klapp E. (1974): Taschenbuch der Gräser. *Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg*. 10. Auflage.
- Knapp P.A. (1992): Soil loosening processes following the abandonment of two arid western Nevada townsites. *Great Basin Naturalist* 52/2: 149-154.
- Lauber K., Wagner G., Gygax A. (2012): Flora Helvetica. *Haupt Verlag in Bern* 5. Auflage
- Lauber K., Wagner G., Gygax A. (2012): Bestimmungsschlüssel zur Flora Helvetica. *Haupt Verlag*. 5. Auflage.
- Marzen L.J., Szantoi Z., Harrington L.M.B., Harrington Jr.J.A. (2011): Implication of management strategies and vegetation change in the Mount St. Helens blast zone. *Geocarta International* 26/5: 359-376.
- Miles D.W.R., Froehlich H.A. (1988): Objectives and evaluation of forest tillage. *British Columbia Ministry of Forests*: 204-215.
- Moser D., Gygax A., Bäumler B., Wyler N., Palese R. (2002): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. *Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora, Chambésy; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Chambésy*. BUWAL-Reihe «Vollzug Umwelt». 118 S.
- Objektkatalog (2012): swissTLM3D 1.1 vom Bundesamt für Landestopographie swisstopo, p.13
- Peter M., Lüscher A. (2007): Entwicklung der Biodiversität im Grasland – Fallbeispiele. *Tagung Öko Qualitätskriterien für extensiv genutzte Weiden, 15. November 2007 Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART*
- Reichmuth G., Däscher A. (2014): Persönliches Interview geführt von der Verfasserin, Hettlingen, 22. Januar 2014
- Ruckstuhl M., Balmer H., Wittmer M., Fürst M., Studhalter S., Hose S., Fitzsche M. (2010): Pflegeverfahren – Ein Leitfaden zur Erhaltung und Aufwertung wertvoller Naturflächen. Grün Stadt Zürich, Fachbereich Naturschutz, Zürich.
- Scheffer F., Schachtschabel P., Blume H.-P., Brümmer G.W., Horn R., Kandeler E., Kögel-Knabner I., Kretschmar R., Stahr K., Wilke B.-M. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. *Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2010 ein Imprint von Springer*. 16. Auflage.
- Schupp D. (2005): Umweltindikator Landschaftszerschneidung. Ein zentrales Element zur Verknüpfung von Wissenschaft und Politik. *GAIA* 14/2: 101– 106.
- Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV (2012): Raumkonzept Schweiz. Überarbeitete Fassung, Bern.

- Singh K.P., Mandal T.N., Tripathi S.K. (2001): Patterns of restoration of soil physicochemical properties and microbial biomass in different landslide sites in the sal forest ecosystem of Nepal Himalaya. *Ecological Engineering* 17: 385-401.
- Stalder J. (2013): Persönliches Interview geführt von der Verfasserin, Zürich, 17. Dezember, 2013.
- Straumann A., Lüthi S., Kellenberger M., Camenzind R. (2012): Trends und Herausforderungen in der Raumentwicklung. Zahlen und Hintergründe zum Raumkonzept Schweiz. *Bundesamt für Raumentwicklung, Bern*.
- StremLOW M., Iselin G., Kienast F., Kläy P., Maibach M. (2003): Landschaft 2020 – Analysen und Trends. Grundlage zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft. *Schriftenreihe Umwelt* 352, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- Swift Jr. L.W., Burns R.G. (1999): The three R's of roads: Redesign, reconstruction and restoration. *Journal of Forestry* 97/8: 40-44.
- Thommen E., Becherer A. (1973): Taschenatlas der Schweizer Flora. *Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart*. 5. Auflage.
- Tobias S. (2013): Preserving Ecosystem Services in Urban Regions: Challenges for Planning and Best Practice Examples from Switzerland. *Integrated Environmental Assessment and Management* Volume 9, Number 2: 243-251.
- Walker L.R., del Moral R. (2008): Lessons from primary succession for restoration of severely damaged habitats. *Applied Vegetation Science* 12 : 55-67.
- Walker L.R., Powell E.A. (1999): Effects of Seeding on Road Revegetation in the Mojave Desert, South Nevada. *Ecological Restoration* 17:3, 150-155.
- Wolter P.T., White M.A. (2002): Recent forest cover type transitions and landscape structural changes in northeast Minnesota, USA. *Landscape Ecology* 17: 133-155.

8 Anhang

Interviews

Leitfragen:

1. Hintergrund/Person:
 - a. Verbindung der Person mit dem Entsiegelungsprojekt: In welchem Zusammenhang haben Sie mit dem Projekt zu tun (gehabt)? Projektmitarbeiter/betroffener Landwirt/Umweltbaubegleitung/kantonale Abnahmestelle/Vereinsmitarbeit...?
 - b. In welchem Zeitraum haben Sie sich mit dem Projekt befasst?
 - c. Welches waren/sind Ihre Hauptaufgaben im Zusammenhang mit dem Projekt?
 - d. Beruf?

2. Anlauf/Vorgehen und Veränderungen:
 - a. Wie wurde bei der Renaturierung vorgegangen? Ablauf? Wie wurden Steinhäufen und Gehölze angeordnet? Wurde etwas gepflanzt?
 - b. Welche Gehölze wurden gepflanzt? Wo wurden Gehölze gepflanzt? Was war das Ziel der Gehölze-Anpflanzung?
 - c. Was wurde seither an Veränderungen bemerkt/beobachtet?
 - d. Sukzession: Pionierpflanzen oder Folgegesellschaften? Wie hat sich die Fläche seit 1996 in Bezug auf die Pflanzengesellschaft entwickelt?
 - e. Gibt es Störungen? Welche? (LW? Hunde? Siedlungen? Wildschweine?)

3. Management, Ziele, Nutzung:
 - a. Wie ist das Management des Gebietes? Werden Pflanzen und Gehölze weggenommen? Was ist noch natürlich? Wie viel wurde schon gemacht? Wie stark (Wie oft? Auf welche Art und Weise?) wird das Gebiet kontrolliert?
 - b. Wie sieht es aus mit Neophyten? Werden diese regelmässig bekämpft? Seit wann gibt es in diesem Gebiet Neophyten? Welche Neophyten sind vorhanden?
 - c. Sind Ackerpflanzen von benachbarten Landwirtschaftsgebieten ein Problem?
 - d. Welcher Ökosystemzustand wollte man an diesem Standort erreichen? Hat man diesen Zustand auch erreicht?
 - e. Wie schätzen Sie die Reaktion der Bevölkerung ein? Wird das Gebiet stark für die Naherholung genutzt?
 - f. Haben Sie von Konflikten gehört? (Konflikte zwischen Erholung und Landwirtschaft oder Naturschutz; Konflikte zwischen verschiedenen Erholungsnutzungen (Biker, Hunde, Kleinkinder, Reiter))

4. Spezielles:

- a. Wurden spezielle Pflanzenarten beobachtet?
- b. Wie sieht es aus mit Tieren? Fühlen sich die Tiere wohl? Sind spezielle Arten vorhanden?
- c. Wie ist es mit der Amphibienförderung? Ziele? Sind diese gelungen?

5. Spezifische Fragen an die verschiedenen Personen:

- a. **Verein**: Managementplan? Wie wird gearbeitet (Freiwilligeneinsätze)? Sind solche Einsätze sinnvoll/braucht es diese?
- b. **Verein**: Wie ist die Regelung mit Bauern? Düngervorschriften? Halten sie sich daran? Sind sie mit den Regeln einverstanden?
- c. **Naturschutzfachstelle**: Wie sieht es aus mit der Vernetzung? Hat der Rückbau der Strasse dazu beigetragen? Inwiefern? Wildtierkorridor? War die Vernetzung beabsichtigt (Konzept dazu? Ziele? Ziele erreicht?)? Welche weiteren Vernetzungsmassnahmen wurden neben dem Strassenrückbau getroffen (Bachusdohlungen etc.)?
- d. **Naturschutzfachstelle**: Wo werden Renaturierungen gemacht? Immer an ruralen Standorten oder auch in der Stadt? Wie erfolgreich sind solche Projekte (Immer? Selten?)? Gibt es auch Rückbauungen in besiedelten Gebieten? Was weiss man über solche Ökosysteme?
- e. **Markus Fries**: Was waren die primären Ziele des Strassenrückbaus (Verkehrsberuhigung der Dörfer; Schaffung von Naherholungsflächen; ökologische Vernetzung; Wasserinfiltration/Hochwasserschutz; o.ä.)? Wie viel Material wurde abgetragen? Wurden Erfolgskontrollen durchgeführt? Von wem? Wie oft?

Bodenprofile

Koordinaten: 695318 / 267843 ± 3 m

Tabelle 9: Bodenprofil im Bachbett (Quelle: Silvia Tobias und Martin Zürrer)

Tiefe cm	Horizont	Gefüge	Wurzeldichte	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett %	Gründigkeit cm	Bemerkungen
0.0 – 1.5	A gg	Sp 2	Wf 6	1.8	28	40	0	0.5	Stark durchwurzelt mit Feinwurzeln
1.5 – 8.0	(A)C g(g)	Kl4 / Sp 3	Wf 5	0.3	20	30	15	2.0	Senkrecht durchwurzelt; Matrix reduziert, Wurzelgänge oxydiert
8 – 14	Cx Stauhorizont	Plattengefüge. Klk5	Wf 4	0.3	18	40	15	1.0	Wurzeln nur entlang Bruchlinien; Stauhorizont; stark verdichtet, trocken
14 – 28	Cx Stauhorizont	Kohärentgefüge	Wf 2	0	22	35	20	1.0	Wurzeln entlang Rissen; Stauhorizont; stark verdichtet, trocken; Regenwurmkanal bis 22 cm

Koordinaten: 695299 / 267861 ± 5 m

Tabelle 10: Bodenprofil auf Kies (Quelle: Silvia Tobias und Martin Zürrer)

Tiefe cm	Horizont	Gefüge	Wurzeldichte	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett %	Gründigkeit cm	Bemerkungen
0 – 5	Ah	Sp 2	Wf 5	2	18	25	35	3.5	Wurmgänge, labile Subpolyeder; keine Hydromorphie
5 – 14	CA (g)	Sp 2	Wf 5	1.5	18	25	45	5.0	Keine Hydromorphie, wenige Rostflecken, feucht (staunass), kalkhaltig
14 – 24	AC (g)x	Sp 2; vereinzelt Klumpen	Wf 4	0.3	18	30	45	5.0	Leichte Hydromorphie; Asphaltstücke; Materialeinmischungen von unten; sehr inhomogene Körnung; senkrecht durchwurzelt; verdichtet
ab 24	C	Kohärentgefüge	—	0	22	35	15	—	Verdichtetes C-Material

Artenliste

Gattungen, bei welchen die Erkennungen von Arten zu komplex waren, sind als Gattung sp. aufgezeichnet und grau hinterlegt. Konnten ein paar Arten einer Gattung ermittelt werden, jedoch nicht alle, sind sowohl die ermittelten Arten wie auch die Bezeichnung Gattung sp. in der Tabelle vorhanden.

Tabelle 11: Artenliste der vorkommenden Flora: Teilweise gibt es mehrere deutsche oder umgangssprachlich bekannte Namen. Ist dies der Fall, sind beide aufgezeigt. Der umgangssprachliche oder zweite Namen ist der Klammer zu entnehmen. Auch mögliche vorgelegte Begriffe/Eigenschaften/Spezifizierungen sind zusätzlich in Klammern aufgezeigt. Geordnet ist die Tabelle, den lateinischen Namen zufolge, alphabetisch.

Name (lateinisch)	Name (deutsch)
<i>Achillea millefolium</i>	Wiesen-Schafgarbe
<i>Agrostis sp.</i>	Straussgräser
<i>Ajuga reptans</i>	Kriechender Günsel
<i>Anthemis arvensis</i>	Acker-Hundskamille
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Gewöhnlicher Wundklee
<i>Agrimonia eupatoria</i>	Kleiner Odermennig
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer (Französisches Raygras)
<i>Avenella flexuosa</i>	Drahtschmiele
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Fiederzwenke
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Waldzwenke
<i>Briza media</i>	Mittleres Zittergras (Gemeines Zittergras)
<i>Bromus erectus</i>	Aufrechte Trespe
<i>Bromus inermis</i>	Wehrlose Trespe (Grannenlose Trespe)
<i>Carex caryophylla</i>	Frühlingssegge
<i>Carex flacca</i>	Schlaffe Segge
<i>Carex pendula</i>	Hängesegge
<i>Carex sp.</i>	Seggen
<i>Centaurea jacea</i>	Gemeine Flockenblume
<i>Centaurea scabiosa</i>	Skabiosen Flockenblume
<i>Cerastium fontanum (vulgare)</i>	Gewöhnliches Hornkraut
<i>Cichorium intybus</i>	Wegwarte
<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel
<i>Cirsium vulgare</i>	Gemeine Kratzdistel
<i>Clematis vitalba</i>	Gemeine Waldrebe
<i>Convolvulus arvensis</i>	Ackerwinde
<i>Cynosurus cristatus</i>	Wiesen-Kammgras (Gemeines Kammgras)
<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäulgras (Knäulgras)
<i>Daucus carota</i>	Wilde Möhre
<i>Dianthus armeria</i>	Rauhe Nelke
<i>Echium vulgare</i>	Natterkopf
<i>Epilobium</i>	Weideröschen
<i>Equisetum arvense</i>	Ackerschachtelhalm
<i>Erigeron annuus</i>	(Gewöhnliches) Einjähriges Berufkraut
<i>Eupatorium cannabinum</i>	Wasserdost

Name (lateinisch)	Name (deutsch)
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	Mandelblättrige Wolfsmilch
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressenwolfsmilch
<i>Euphrasia rostkoviana (Euphrasia officinalis)</i>	Augentrost
<i>Festuca arundinacea</i>	Rohrschwingel
<i>Festuca ovina</i>	Schafschwingel
<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel
<i>Festuca sp.</i>	Schwingelgräser
<i>Fragaria vesca</i>	Walderdbeere
<i>Galium album</i>	(Weisses) Wiesen-Labkraut
<i>Genista tinctoria</i>	Färber Ginster
<i>Geranium sanguineum</i>	Blutroter Storchenschnabel
<i>Glechom Hederiche</i>	Gundelrebe
<i>Helianthemum nummularium</i>	Gemeines Sonnenröschen
<i>Hippocrepis comosa</i>	Hufeisenklee
<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras
<i>Hypericum Perforator</i>	Gemeines Johanniskraut
<i>Hypericum pulchrum</i>	schönes Johanniskraut
<i>Juncos</i>	Binsen
<i>Knautia arvensis</i>	Feld-Witwenblume
<i>Koeleria pyramidata (Koeleria cristata)</i>	Gemeine Kammschmiele
<i>Lathyrus pratensis</i>	Wiesenplatterbse
<i>Leucanthemum vulgare</i>	Margerite
<i>Linum catharticum</i>	Purgier-Lein
<i>Lolium perenne</i>	Englisches Raygras
<i>Lotus corniculatus</i>	Gewöhnlicher Hornklee
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut
<i>Lythrum salicaria</i>	Blutweiderich
<i>Medicago lupulina</i>	(Schnecke) Hopfenklee
<i>Medicago sativa</i>	Saat-Luzerne
<i>Melilotus albus</i>	Weisser Honigklee (Weisser Steinklee)
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Saat-Espartette
<i>Ononis repens</i>	(Kriechender) Hauhechel
<i>Origanum vulgare</i>	Echter Dost (Wilder Majoran/Oregano)
<i>Phragmites australis</i>	Schilf (Schilfrohr)
<i>Plantago lanceolata</i>	Spitz-Wegerich
<i>Plantago major</i>	(Gewöhnlicher) Breit-Wegerich
<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich
<i>Poa sp.</i>	Rispengräser
<i>Polygala vulgaris</i>	(Gewöhnliche) Wiesen-Kreuzblume (Gemeine Kreuzblume)
<i>Potentilla anserina</i>	Gänsefingerkraut
<i>Potentilla reptans</i>	Kriechendes Fingerkraut
<i>Prunella grandiflora</i>	Grosse Brunelle
<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Braunelle
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	(Zottiger) Klappertopf

Name (lateinisch)	Name (deutsch)
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei
<i>Sanguisorba minor</i>	(Gewöhnlicher) Kleiner Wiesenknopf
<i>Scabiosa columbaria</i>	Tauben-Skabiose (Gemeine Skabiose)
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	See-Flechtbinse (Seebinse)
<i>Senecio vulgaris</i>	Greiskraut
<i>Silene vulgaris</i>	Gewöhnliche Klatschnelke (Gemeines Leimkraut)
<i>Solidago canadensis</i>	Kanadische Goldrute
<i>Taraxacum officinale</i>	Gewöhnlicher Löwenzahn
<i>Thymus serpyllum</i>	Thymian
<i>Trifolium pratense</i>	Rotklee
<i>Trifolium repens</i>	Kriechender Klee (Weissklee)
<i>Trisetum flavescens</i>	Wiesen-Goldhafer
<i>Typha latifolia</i>	(Breitblättrig) Rohrkolben
<i>Verbena officinalis</i>	Eisenkraut
<i>Vicia cracca</i>	Vogelwicke
<i>Vicia sepium</i>	Zaunwicke

Die nachstehende Tabelle zeigt die Gehölzpflanzen, welche über das ganze Feld verteilt gefunden und aufgenommen wurden. Hier wurden zusätzlich die Anzahl Exemplare aufgenommen, da dies bei den Gehölzen aufgrund der kleineren Anzahl, besser machbar war. Am häufigsten kam dabei die Silberweide (*Salix alba*) vor, welche praktisch die ganzen feuchten Gebiete umsäumt und überall entlang dem Wasser auftritt. Ebenfalls sehr häufig war die Hunds-Rose. Und an dritter Stelle der am meist gefundenen Gehölzpflanzen stehen sowohl die Fichte, wie auch die Weisstanne, welche beide hauptsächlich mit kleinen Exemplaren vertreten sind.

<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn
<i>Alnus incana</i>	Grauerle
<i>Betula pendula</i>	Hängebirke
<i>Clematis vitalba</i>	Gemeine (Gewöhnliche) Waldrebe (Niele)
<i>Cornus mas</i>	Kornelkrische
<i>Cornus sanguinea</i>	Roter Hartriegel (Roter Hornstrauch)
<i>Corylus avellana</i>	Hasel
<i>Crataegus monogyna</i>	Weissdorn
<i>Euonymus europaeus</i>	Pfaffenhütchen (gemeiner Spindelstrauch)
<i>Fraxinus excelsior</i>	Esche
<i>Hippocrepis emerus</i>	Strauchwicke (Strauch Kronwicke)
<i>Juglans regia</i>	Walnuss (Nussbaum)
<i>Juniperus communis</i>	Wacholder
<i>Ligustrum vulgare</i>	Gewöhnliche Liguster
<i>Picea abies</i>	Fichte (Rottanne)
<i>Pinus sylvestris</i>	Föhre
<i>Populus nigra</i>	Schwarzpappel
<i>Prunus avium</i>	Süßkirsche (Vogel-Kirsche)

Name (lateinisch)	Name (deutsch)
<i>Prunus spinosa</i>	Schwarzdorn
<i>Quercus robur</i>	Stieleiche
<i>Rosa canina</i>	Hunds-Rose
<i>Rosa gallica</i>	(Essig Rose)
<i>Rosa spinosissima</i>	Reichstachelige Rose (Bibernell-Rose oder Dünen Rose)
<i>Salix alba</i>	Silberweide
<i>Salix caprea</i>	Salweide
<i>Salix purpurea</i>	Purpurweide
<i>Sorbus aria</i>	Echter Mehlbeerbaum (Echte Mehlbeere)
<i>Syringa vulgaris</i>	Schmetterlings-Flieder

Vorkommende Arten auf Mitteleuropäischen Halbtrockenrasen, mesophilem Ruderalflur, Talfettwiese und Talfettweide

Tabelle 12: Gefundene Halbtrockenrasen-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)

Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen				
	Oft dominante Arten	vorkom- mend	andere mögliche Arten	vorkom- mend
Charakterarten	<i>Onobrychis viciifolia</i>	Ja	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Nein
			<i>Euphorbia verrucosa</i>	Nein
			<i>Gentiana ciliata</i>	Nein
			<i>Gentiana germanica</i>	Nein
			<i>Himantoglossum hircinum</i>	Nein
			<i>Ononis repens</i>	Ja
			<i>Ophrys apifera</i>	Nein
			<i>Ophrys araneola</i>	Nein
			<i>Ophrys Holosericea</i>	Nein
			<i>Ophrys sphegodes</i>	Nein
			<i>Orchis morio</i>	Nein
			<i>Orchis simia</i>	Nein
			<i>Orchis tridentata</i>	Nein
			<i>Polygola calcerea</i>	Nein
			<i>Prunella laciniata</i>	Nein
			<i>Spiranthes spiralis</i>	Nein
häufig auftretend	<i>Brachypodium pinnatum</i>	Ja	<i>Aceras anthropophorum</i>	Nein
	<i>Bromus erectus</i>	Ja	<i>Ajuga genevensis</i>	Nein
	<i>Festuca ovina</i>	Ja	<i>Anthyllis vulneraria</i>	Ja
	<i>Sanguisorba minor</i>	Ja	<i>Arabis hiruta</i>	Nein
			<i>Arabis sagittata</i>	Nein
			<i>Asperula cynanchica</i>	Nein
			<i>Briza media</i>	Ja
			<i>Bupthalmum salicifolium</i>	Nein
			<i>Campanula glomerata</i>	Nein
			<i>Carex caryophyllea</i>	Nein
			<i>Carex montana</i>	Nein
			<i>Carlina acaulis</i>	Nein
			<i>Centaurea jacea</i> ssp. <i>angustifolia</i>	Ja
			<i>Centaurea scabiosa</i>	Ja
			<i>Centaureum erythaea</i>	Nein
			<i>Cirsium acaule</i>	Nein
			<i>Cuscuta epithimum</i>	Nein
			<i>Daucus carota</i>	Ja
			<i>Dianthus carthusianorum</i>	Nein
			<i>Euphorbia cyparissia</i>	Ja
			<i>Galium verum</i>	Nein

Mitteleuropäischer Halbtrockenrasen				
			Gymnadenia conopsea	Nein
			Helianthemum nummularium	Ja
			Hieracium cymosum	Nein
			Hieracium pilosella	Nein
			Hippocrepis comosa	Ja
			Koeleria pyramidata	Ja
			Ononis spinosa	Nein
			Ophrys insectifera	Nein
			Orchis militaris	Nein
			Orchis ustulata	Nein
			Orobanchaceae caryophyllacea	Nein
			Pimpinella saxifraga	Nein
			Plantago media	Ja
			Polygala comosa	Nein
			Polygala vulgaris	Ja
			Potentilla neumanniana	Nein
			Primula veris	Nein
			Ranunculus bulbosus	Nein
			Salvia pratensis	Ja
			Scabiosa columbaria	Ja
			Silene viscaria	Nein
			Thymus pulegioides	Nein
			Trifolium montanum	Nein
			Trifolium ochroleucon	Nein

Tabelle 13: Gefundene Ruderalflur-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)

Mesophiler Ruderalflur				
	Oft dominante Arten	vorkom- mend	andere mögliche Arten	vorkom- mend
Charakterarten	Melilotus albus	Ja	Ambrosia psilostachya	Nein
	Melilotus officinalis	Nein	Berteroa incana	Nein
	Oenothera biennis	Nein	Crepis setosa	Nein
			Euphorbia virgata	Nein
			Oenothera glazioviana	Nein
			Oenothera parviflora	Nein
			Rumex thyrsoiflorus	Nein
			Tanacetum vulgare	Nein
häufig auftretend	Caucus carota	Nein	Anchusa italica	Nein
	Erigeron annuus	Ja	Arabis scabra	Nein
	Pastinaca sativa	Nein	Artemisia vulgaris	Nein
	Poa compressa	Nein	Asclepias syriaca	Nein
			Cichorium intybus	Ja
			Crepis foetida	Nein
			Crepis pulchra	Nein
			Echium vulgare	Ja
			Erigeron annuus ssp. strigosus	Ja
			Isatis tinctoria	Nein
			Linaria vulgaris	Nein
			Malva alcea	Nein
			Picris hieracioides	Nein
			Reseda lutea	Nein
			Senecio erucifolius	Nein
			Senecio inaequidens	Nein
			Tussilago farfara	Nein

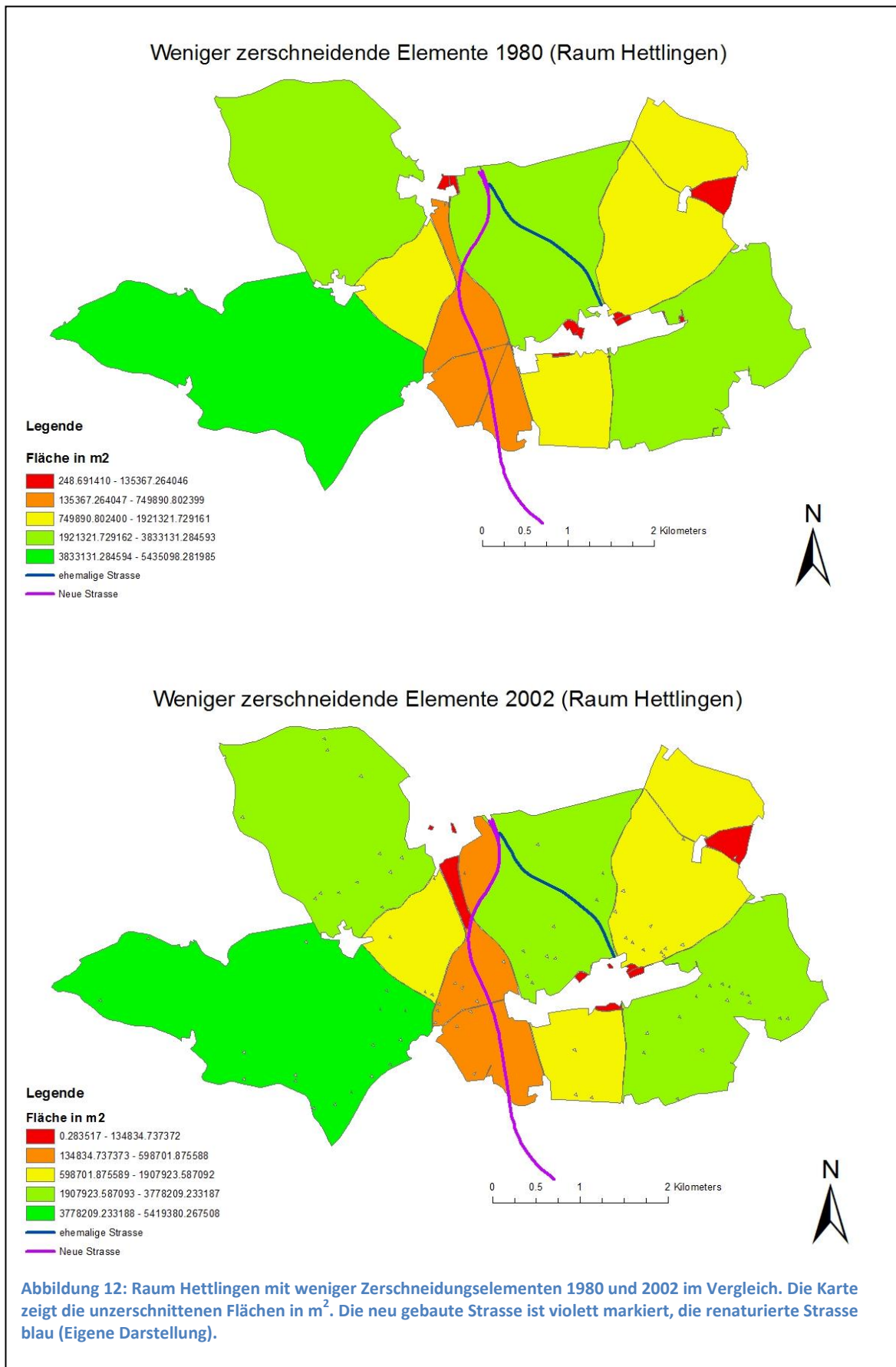
Tabelle 14: Gefundene Talfettwiese-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)

Talfettwiese (Fromentalwiese)				
	Oft dominante Arten	vorkom- mend	andere mögliche Arten	vorkom- mend
Charakterarten	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Ja	<i>Campanula patula</i>	Nein
			<i>Crepis biennis</i>	Nein
			<i>Geranium pratense</i>	Nein
			<i>Malva moschata</i>	Nein
häufig auftretend	<i>Anthriscus sylvestris</i>	Nein	<i>Achillea millefolium</i>	Ja
	<i>Bromus hordeaceus</i>	Nein	<i>Achillea roseoalba</i>	Nein
	<i>Dactylis glomerata</i>	Ja	<i>Alopecurus pratensis</i>	Nein
	<i>Festuca pratensis</i>	Nein	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Nein
	<i>Holcus lanatus</i>	Ja	<i>Cardamine pratensis</i>	Nein
	<i>Poa trivialis</i>	Nein	<i>Centaurea jacea</i>	Ja
	<i>Thinanthus alectorolophus</i>	Nein	<i>Centaurea nigrescens</i>	Nein
	<i>Rumex acetosa</i>	Nein	<i>Cerastium fontanum ssp. vulgare</i>	Ja
			<i>Colchicum autumnale</i>	Nein
			<i>Galium alba</i>	Ja
			<i>Helictotrichon pubescens</i>	Nein
			<i>Heracleum sphondylium</i>	Nein
			<i>Knautia arvensis</i>	Ja
			<i>Lathyrus pratensis</i>	Ja
			<i>Lolium multiflorum</i>	Nein
			<i>Medicago lupulina</i>	Ja
			<i>Orobanche minor</i>	Nein
			<i>Pastinaca sativa</i>	Nein
			<i>Phleum pratense</i>	Nein
			<i>Plantago lanceolata</i>	Ja
			<i>Poa pratensis</i>	Nein
			<i>Panunculus acris ssp. friesianus</i>	Nein
			<i>Silene vulgaris</i>	Ja
			<i>Taraxacum officinale</i>	Ja
			<i>Tragopogon pratensis</i>	Nein
			<i>Trifolium dubium</i>	Nein
			<i>Trifolium pratense</i>	Ja
			<i>Trifolium repens</i>	Ja
			<i>Trisetum flavescens</i>	Ja
			<i>Veronica chamaedrys</i>	Nein
			<i>Vicia cracca</i>	Ja

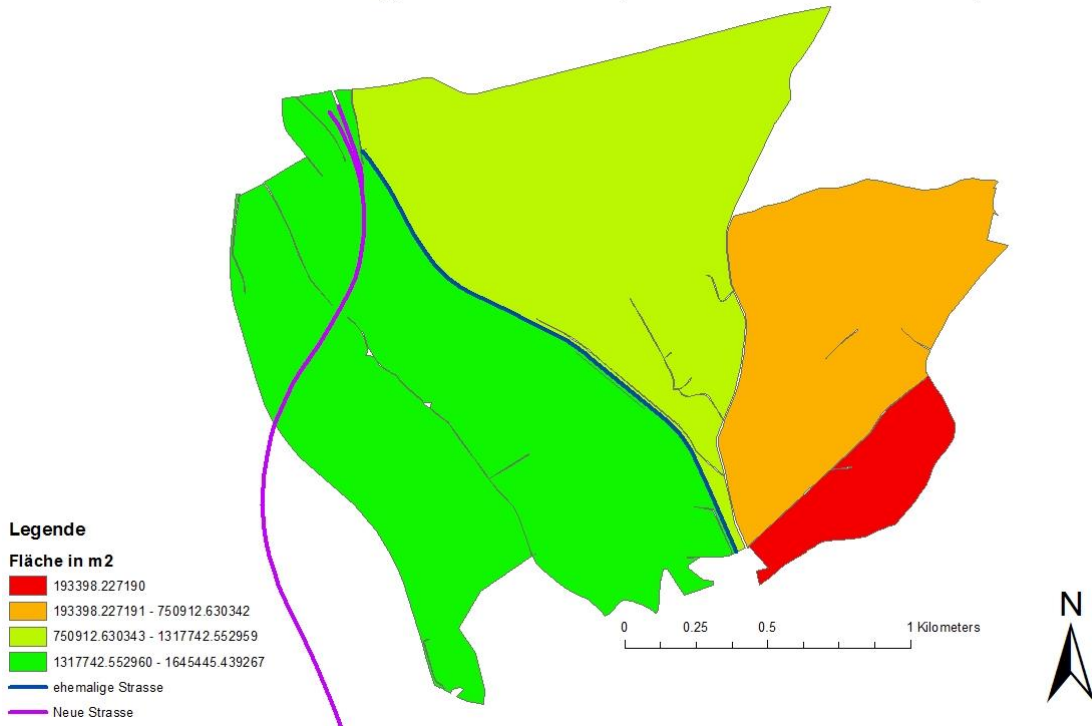
Tabelle 15: Gefundene Talfettweide-Arten (Quelle: Delarze und Gonseth, 2008)

Talfettweide (Kammgrasweide)				
	Oft dominante Arten	vorkom- mend	andere mögliche Arten	vorkom- mend
Charakterarten			<i>Crepis capillaris</i>	Nein
			<i>Gaudinia fragilis</i>	Nein
			<i>Leontodon autumnalis</i>	Nein
			<i>Phleum bertolonii</i>	Nein
			<i>Senecio jacobaea</i>	Nein
			<i>Trifolium pratense</i>	Ja
			<i>Veronica filiformis</i>	Nein
häufig auftretend	<i>Bellis perennis</i>	Nein	<i>Achillea millefolium</i>	Ja
	<i>Cynosurus cristatus</i>	Ja	<i>Alchemilla vulgaris</i>	Nein
	<i>Festuca pratensis</i>	Nein	<i>Carum carvi</i>	Nein
	<i>Festuca rubra</i>	Ja	<i>Cerastium fontanum</i> ssp. <i>vulgare</i>	Ja
	<i>Lolium perenne</i>	Ja	<i>Dactylis glomerata</i>	Ja
	<i>Prunella vulgaris</i>	Ja	<i>Euphrasia rostkoviana</i>	Ja
	<i>Trifolium repens</i>	Ja	<i>Geranium molle</i>	Nein
			<i>Hypochaeris radicata</i>	Nein
			<i>Odontites vulgaris</i>	Nein
			<i>Phleum pratense</i>	Nein
			<i>Plantago major</i>	Ja
			<i>Taraxacum officinale</i>	Ja
			<i>Veronica serpyllifolia</i> ssp. <i>serpyllifolia</i>	Nein

Vernetzungswirkung



Alle Zerschneidungselemente 1980 (Raum renaturierte Strasse)



Alle Zerschneidungselemente 2002 (Raum renaturierte Strasse)

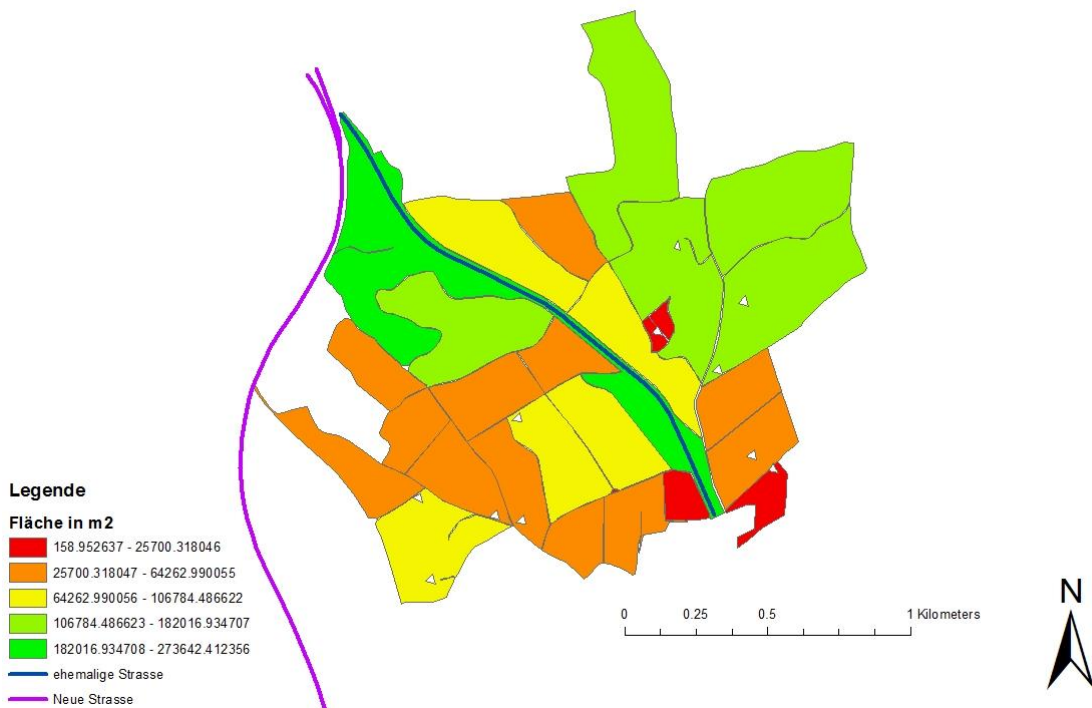


Abbildung 13: Alle zerschneidenden Elementen im Raum der renaturierten Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

Weniger zerschneidende Elemente 1980 (Raum renaturierte Strasse)



Weniger zerschneidende Elemente 2002 (Raum renaturierte Strasse)

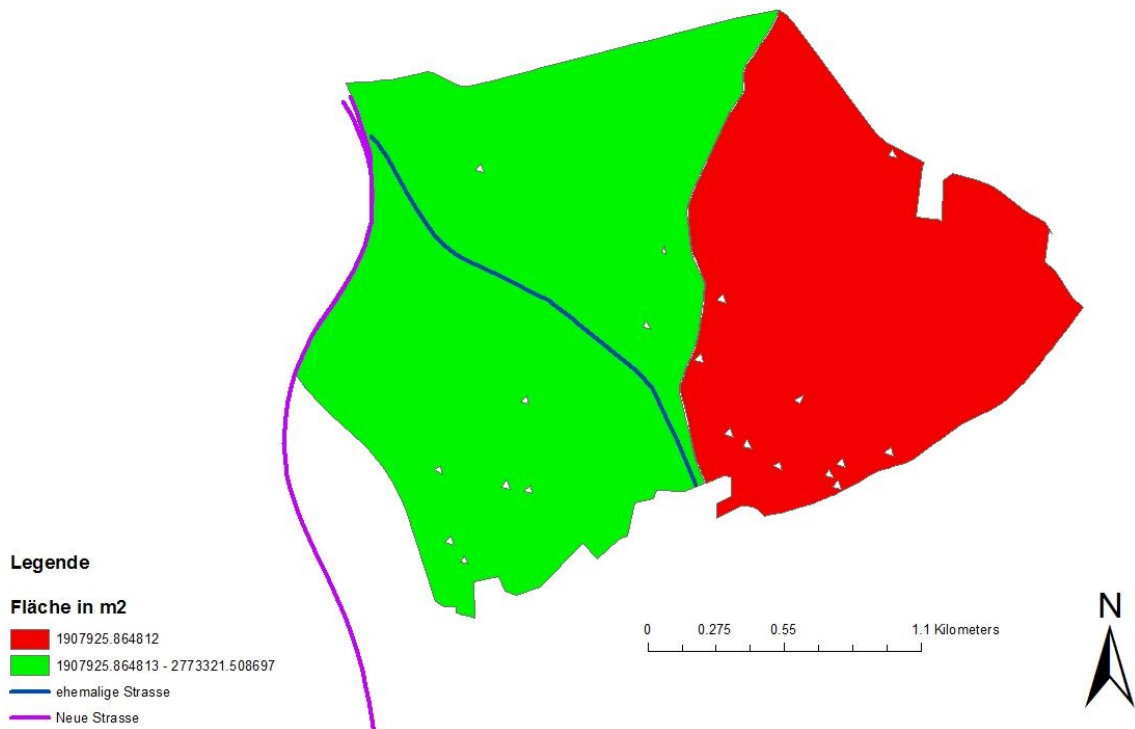
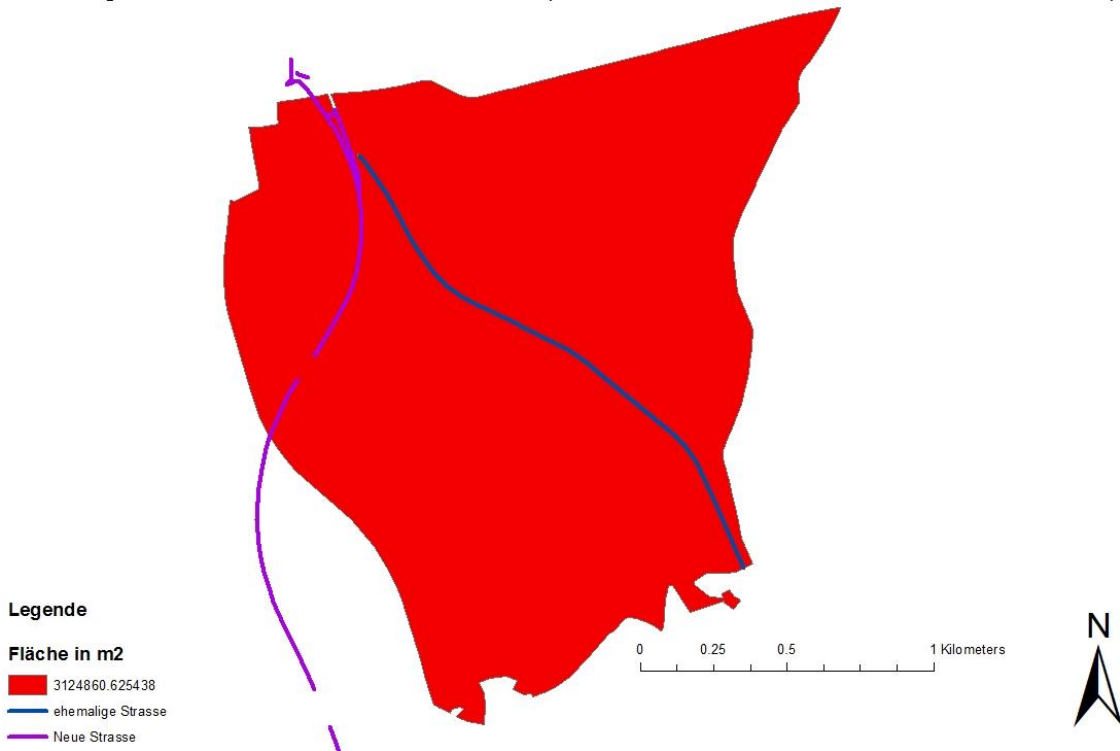


Abbildung 14: Weniger zerschneidende Elementen im Raum der renaturierten Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

Weniger zerschneidende Elemente 1980 (Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse)



Weniger zerschneidende Elemente 2002 (Raum unmittelbar um die renaturierte Strasse)

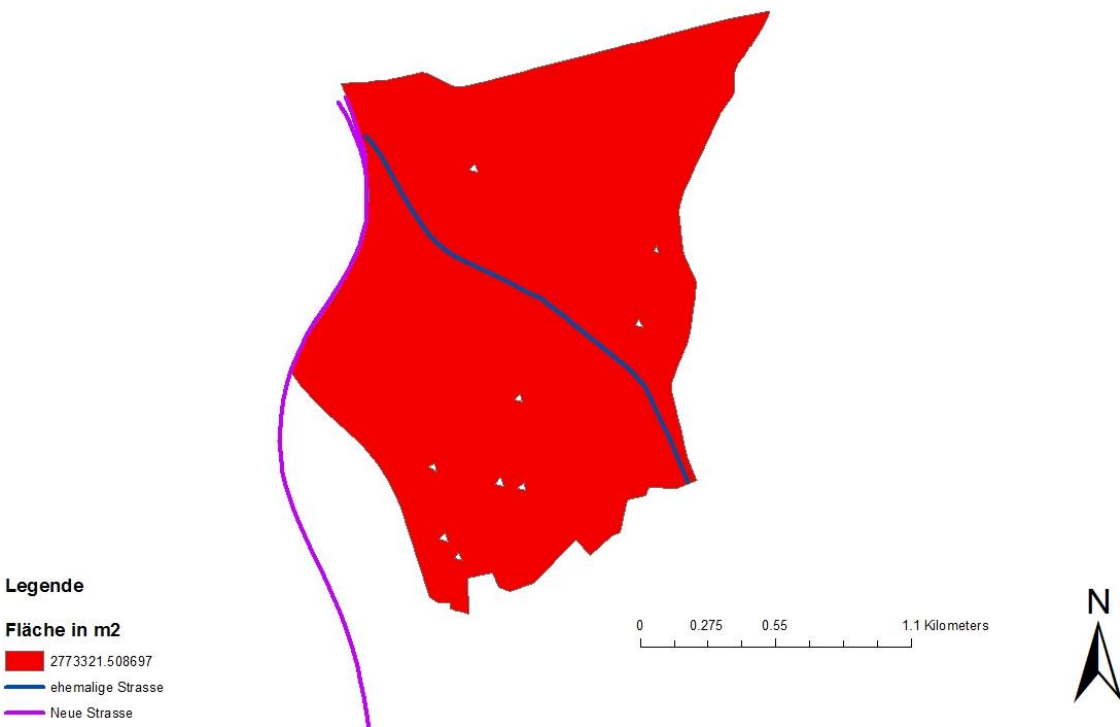


Abbildung 15: Weniger zerschneidende Elemente unmittelbar um die renaturierte Strasse: 1980 und 2002 im Vergleich. Die Karte zeigt die unzerschnittenen Flächen in m². Die neu gebaute Strasse ist violett markiert, die renaturierte Strasse blau (Eigene Darstellung).

Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum: _____

Unterschrift: _____