Erhebung von Strahlungsintensitäten mittels Hemisphärischer Fotografien und Analyse der beschattenden Wirkung der Ufervegetation

Feldstudie an den Flüssen Lafnitz und Pinka

Survey of radiation intensities at the river Lafnitz and Pinka using hemispherical images and analysis of the shadowing effect of the vegetation

Masterarbeit

durchgeführt am Institut für
Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
an der Universität für Bodenkultur Wien

eingereicht von Wolfgang Bartel

Betreuung:

O.Univ.Prof. Dr. Florin Florineth

DI Gerda Holzapfel

DI Dr. Johann Peter Rauch

Wien, September 2014

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **1**

DANKSAGUNG **2**

ZUSAMMENFASSUNG **3**

ABSTRACT **4**

1 EINLEITUNG, AUFBAU UND ZIEL DER MASTERARBEIT **6**

2 ALLGEMEINES ÜBER FLIEßGEWÄSSER UND STRAHLUNG **10**

2.1 AUSPRÄGUNG DES GEWÄSSERLAUFES / FLUSSTYP 10

2.2 WIRKUNG VON UFERVEGETATIONSSTREIFEN 11

2.3 SOLARE STRAHLUNG 14

2.4 STRAHLUNG UND VEGETATION 17

2.5 EIGENHEITEN DES WASSERS 19

2.6 WIRKUNG DER STRAHLUNG AUF DEN WASSERKÖRPER 20

2.7 HEMIVIEW ALS METHODE DER STRAHLUNGSMESSUNG 21

2.8 SONNENBAHN UND EKLIPTIK 22

3 UNTERSUCHUNGSGEBIET **24**

3.1 SUBILLYRISCHES HÜGEL- UND TERRASSENLAND 25

3.2 OST- UND MITTELSTEIRISCHES BERGLAND 26

3.3 LAFNITZ (HLOUSEK) 28

3.4 PINKA (BARTEL) 30

4 UNTERSUCHUNGSMETHODEN **32**

4.1 GRUNDLAGEN ZUR ERHEBUNG / VORARBEITEN 32

4.1.1 Festlegung der Varianten zur Bestimmung der Messstellen 32

4.1.2 Gewählte Variante 1 35

4.1.3 Bestimmung der Messstellen 36

4.1.4 Ausformung der Messstellen als Transekte 37

4.2 ZEITRAHMEN UND DATENERHEBUNG IM FELDE 40

4.2.1 Aufnahme der Vegetation sowie der topographischen und morphologischen Gegebenheiten (HLOUSEK) 42

4.2.2 Hemisphärische Fotografien (BARTEL) 47

4.2.3 Darstellung der verwendeten Geräte 49

4.3 NACHBEARBEITUNG DER HEMISPHÄRISCHEN AUFNAHMEN 51

4.3.1 Selektion der geeigneten Aufnahmen 51

4.3.2 Überarbeitung der selektierten Aufnahmen 51

4.3.3 Ordnerstruktur / Datenumwandlung für HemiView / Analyse / Datenbehandlung 53

4.4 PROGRAMM HEMIVIEW ZUR BERECHNUNG DER STRAHLUNGSWERTE - GETROFFENE EINSTELLUNGEN 54

4.4.1 Output Configuration: 54

4.4.2 Site Erstellung 56

4.4.3 Threshold 56

4.4.4 Vorbereitung zur Berechnung des Global Site Factor (GSF) 57

4.5 BERECHNUNG GLOBAL SITE FACTOR (GSF) 57
4.5.1 Eichung / Kalibrierung der Fischaugenaufnahmen 61
4.5.2 Visible Sky 61
4.6 ZUSAMMENSCHAU DER DATEN IN DIGITALER FORM 62
5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION 63
5.1 BESCHREIBUNG DER EINFLUSSGRÖßEN 64
5.1.1 Geographische Lage (BARTEL) 64
5.1.2 Morphologie (BARTEL) 65
5.1.3 Vegetation (HLOUSEK) 71
5.2 ANALYSE DER STRAHLUNGSWERTE 79
5.2.1 Prüfung der Eignung des GSF Wertes in der Flussmitte (BARTEL) 79
5.2.2 Tageszeitliche Unterschiede (BARTEL) 84
5.2.3 Jahreszeitlicher Unterschied der Beschattungssituation (HLOUSEK) 89
5.2.4 Vergleich der Strahlungswerte beider Flüsse (HLOUSEK) 99
5.3 GEGENÜBERSTELLUNG DER EINFLUSSGRÖßEN MIT GSF-WERT 101
5.3.1 Flussabschnitte - Global Site Factor (HLOUSEK) 101
5.3.2 Topographie - Global Site Factor (BARTEL) 102
5.3.3 Fließrichtung - Global Site Factor (BARTEL) 103
5.3.4 Böschungshöhe - Global Site Factor (BARTEL) 104
5.3.5 Flussbreite - Global Site Factor (BARTEL) 105
5.3.6 Ufersaum - Global Site Factor (HLOUSEK) 107
5.3.7 Vegetationszahl - Global Site Factor (HLOUSEK) 109
5.3.8 Lichtraum - Global Site Factor (HLOUSEK) 113
5.3.9 Kronenschluss – Global Site Factor (BARTEL) 116
5.4 DARSTELLUNG EINZELNER TRANSEKTE (HLOUSEK) 122
5.4.1 Am stärksten beschattete Transekte 122
5.4.2 Am schlechtesten beschattete Transekte 126
5.5 INTERPRETATION DER GSF ERGEBNISSE 131
6 KRITISCHE REFLEXION ZUR METHODIK 135
7 ZUSAMMENFASSUNG / EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS 138
8 LITERATURVERZEICHNIS 141
9 SOFTWARE 146
10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 147
11 TABELLENVERZEICHNIS 151
12 ANHANG 152

Vorwort

Aufgrund des großen Arbeitsumfanges sowie aus Sicherheitsgründen bei den Feldaufnahmen wurde die vorliegende Masterarbeit von Wolfgang Bartel und Christoph Hlousek in Kooperation erstellt.

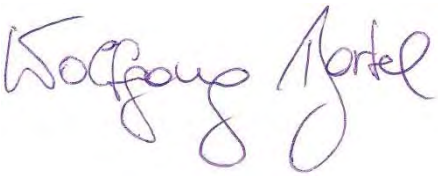
Die **Feldaufnahmen** an den Flüssen Lafnitz und Pinka wurden **von beiden Autoren durchgeführt**, wobei Christoph Hlousek für die Aufnahme der Vegetation verantwortlich zeichnet und Wolfgang Bartel für die hemisphärischen Aufnahmen.

Die **Struktur** und der **Aufbau** der Arbeit **wurden in gegenseitigem Einvernehmen gemeinsam erstellt** und basieren auf dem gleichen Gedankengut. Inhaltlich betrifft dies das Allgemeine Kapitel 2 sowie die Methodik (Kapitel 4). Um den zeitlichen Vorgaben des zugrunde liegenden Forschungsprojektes zu entsprechen, wurden sämtliche GIS-Auswertungen durch Christoph Hlousek durchgeführt. Die AUTOCAD-Zeichnungen wurden von Wolfgang Bartel erstellt.

Da das Ziel der Masterarbeit einen **Vergleich** der beiden Flüsse beinhaltet, wurden die Daten **der Lafnitz von Christoph Hlousek** und jene **der Pinka von Wolfgang Bartel** analysiert und aufbereitet. Im Anschluss daran sind die Daten gemeinsam verschnitten worden, um ein Gesamtergebnis präsentieren zu können.

Aufgrund dessen sind der Inhalt sowie alle Abbildungen und Tabellen ausnahmslos durch beide Autoren zu zitieren.

Die Autoren:



Wolfgang Bartel

Christoph Hlousek

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung der vorliegenden Masterarbeit unterstützt haben.

Mein großer Dank gilt:

- Meinen Eltern Helmuth und Silvia Bartel, die mir in schwierigen Situationen motivierend, verständnisvoll und finanziell zur Seite gestanden sind.
- Der Familie Gall, insbesondere Andreas Gall, für die Bereitstellung einer Unterkunft im Zuge der Feldaufnahmen.

Besonders möchte ich mich bei folgenden Personen am Institut für Ingenieurbiologie bedanken, die durch das Bereitstellen der notwendigen Gerätschaften sowie deren Fachwissen diese Untersuchung ermöglicht haben:

- O.Univ. Prof. Dr. Florin Florineth und Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Hans Peter Rauch für das Ermöglichen dieser Masterarbeit.
- Ein besonderes Dankeschön richte ich an meine Betreuerin DI Gerda Holzapfel für die umfassende und gute Betreuung sowie für ihre stete Hilfestellung.

Zusammenfassung

Für das österreichische Flachland wird aufgrund des Klimawandels ein Temperaturanstieg von 2 – 2,5 °C bis 2040 prognostiziert. Dieser Anstieg wirkt folglich auf das Ökosystem Fließgewässer.

Durch Absorption im langwelligen Strahlungsbereich wird in den obersten Wasserschichten die solare Strahlungsenergie in Wärme umgewandelt. Weiters führt eine gesteigerte Lufttemperatur aufgrund von Austauschvorgängen zur Erwärmung des Wasserkörpers, wodurch es zu einer Verringerung des verfügbaren Sauerstoffs für Organismen kommt.

Bei ausreichend vorhandener Uferbegleitvegetation kann jedoch angenommen werden, dass sich die Resilienz dieser Ökosysteme erhöht, wodurch negative Auswirkungen besser abgepuffert werden können.

Ziel dieser Arbeit ist daher, Aussagen über die positive Wirkung der Vegetation als Beschattungselement entlang von Fließgewässern zu treffen. Als Projektgebiet wurden hierfür die Flüsse Lafnitz und Pinka im Südburgenland herangezogen. Entlang dieser Flüsse wurden 95 repräsentative Messstellen definiert.

Um das Beschattungspotential der vorherrschenden Vegetation zu erheben, wurde eine eigene Aufnahmemethode entwickelt. Einerseits wurden die vorherrschende Vegetation sowie topographische und morphologische Daten erhoben, die strahlungswirksam auf den Gewässerkörper wirken können. Andererseits wurde durch hemisphärische Aufnahmen - oberhalb des Wasserkörpers – die solare Strahlungsmenge gemessen und durch die Software HemiView in Form des Global Site Factors ausgewertet. Dieser Strahlungswert wurde mit den erhobenen Daten verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass von dichter Vegetation mit breitem Überhang der stärkste strahlungsmindernde Einfluss ausgeht. Topografische und morphologische Gegebenheiten begünstigen oder verringern die strahlungsmindernde Wirkung der Vegetation. Die Vegetationsdichte ist an beiden Flüssen annähernd gleich, die Pinka ist jedoch durch gesteigertes Auftreten von Kronenschluss signifikant stärker beschattet als die Lafnitz.

Abstract

As a result of climate change an increase of temperature about 2 to 2.5 ° C till 2040 will be predict for the Austrian lowlands. This will lead to negative consequences for freshwater ecosystems by an increase in water temperature and a reduction of available oxygen for organism. If there is sufficient natural bank vegetation at riparian areas, the increasing resilience of those freshwater ecosystems can be assumed and further negative impacts can be buffered.

The purpose of this master thesis is to show the positive effect of vegetation as a shading element along streams. In the framework of the project BIO_CLIC the potential of riparian vegetation to mitigate effects of climate change on biological assemblages of small and medium sized running waters will be investigated. The rivers Lafnitz and Pinka were set as the Project area.

The present work is a part of the project mentioned above, due to that the investigations take place at those rivers. To generate the required data an own method was applied. To receive a representative dataset we collected information on 95 points along both rivers.

With the aid of hemispherical images, vegetation analysis and river morphology data along both rivers will be tried to illustrate the shading potential of the dominant vegetation. For the evaluation of photo we used the software HemiView to generate the Global Site Factor.

By comparing the Global Site Factor with the collected data the following results could be determined. Dense vegetation with a wide overhang has the greatest influence to decrease the radiation. Topographic and morphological characteristics are able to promote or reduce the radiation-reducing effect of the vegetation. The vegetation density of these rivers is approximately equal. However the Pinka is significantly more shaded as the Lafnitz by increased occurrence of plant canopy.

1 Einleitung, Aufbau und Ziel der Masterarbeit

Aufzeichnungen belegen, dass der Sommer 2013 im Südburgenland der mit Abstand heißeste war und mit Temperaturen über 40 °C den höchsten je gemessenen Wert erreicht hat. Demgegenüber stiegen die Starkregenereignisse an, unter denen viele Regionen in Österreich 2013 stark zu leiden hatten. Durch massive Überschwemmungen aufgrund von Starkregen entstanden zum Beispiel im Weltkulturerbe Hallstatt Schäden im Wert einer Million Euro. Auch im südlichen Burgenland wurden im Frühjahr 2013, speziell im Bereich von Oberwart, Hochwasserschäden verzeichnet. Aufgrund erhöhter Temperaturen im Februar 2013 und dadurch einsetzende Schneeschmelze in Kombination mit Starkregen (35 l/m² in 24 h) wurde ein HQ 10 an der Pinka beobachtet. Dies sind aktuelle Beispiele aus Österreich, welche verdeutlichen sollen, dass ein klimatischer Wandel zu erkennen ist.

Auf internationaler Ebene wird dem vielschichtigen und umfassenden Thema Klimawandel hohe Bedeutung beigemessen. Um für politische Entscheidungsträger weltweit die Geschehnisse und den wissenschaftlichen Diskurs diesbezüglich zusammenzufassen, wurde der Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaveränderung) mit dem Sitz in Genf ins Leben gerufen. In dem aktuellen Bericht „IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis" wurden alle klimarelevanten Auswirkungen der letzten Jahre beschrieben. Aus diesem sehr ausführlich abgehandelten Bericht wurden die wichtigsten Punkte seitens einiger deutscher Institutionen wie dem Umweltbundesamtes für Mensch und Umwelt sowie der deutschen IPCC Koordinierungsstelle überschaubar zusammengefasst. Folgende Kernaussagen lassen sich daraus ableiten.

Der globale Temperaturanstieg ist unumstritten und lässt sich durch das häufigere Auftreten von Wetterextremen für den Menschen spürbar nachweisen. Hitzeperioden werden demnach begünstigt und länger andauern, kalte Temperaturextreme jedoch seltener auftreten. Zudem wird mit häufigeren und intensiveren Starkregenereignissen in den gemäßigten Breiten zu rechnen sein. Obwohl verstärkt temperaturvermindernde Partikel wie Aerosole in der Atmosphäre vorhanden sind, welche durch Reflexion des Sonnenlichts den Anstieg der Durchschnittstemperaturen der letzten 30 Jahren etwas abmindern, lässt sich jedoch ein kontinuierlicher Anstieg beobachten. Bewirkt wird dieser durch höhere Konzentrationen treibhauswirksamer Gase wie Kohlendioxid, Stickstoff und Methan.

Die Konzentration dieser Gase hat sich stark erhöht und die Zunahme beschleunigt sich weiterhin und erreicht beispielsweise bei Methan einen um 150 % höheren Wert als im Jahr 1750. Demnach sind die Konzentrationen treibhauswirksamer Gase höher denn je zuvor. Als Folge ergibt sich ein Lufttemperaturanstieg der Landoberflächen der letzten drei Jahrzehnte von knapp 1°C, wobei das vorangegangene Jahrzehnt vom jeweils darauffolgenden übertroffen wurde. Dies wird in (Abbildung 1, S. 7) dargestellt, welche vier unterschiedliche Datenquellen (Global Historical Climatology Network ***GHCN***; Climatic Research Unit der Universität East Anglia in Norwich ***CRUTEM***; Arbeitsgruppe ***Berkeley*** Research der Universität Kalifornien; Goddard Institute of Space Studies ***GISS***) mit einbezieht, die sich ab dem Jahr 1900 gleichen. Erkennbar werden Schwankungen der Landoberflächentemperatur, welche mitunter auf den Sonnenzyklus,

kurzfristige Schwankungen des Klimasystems sowie unterschiedliche Konzentrationen an strahlungsreflektierenden Aerosolen zurück zu führen sind. Trotz dieser Schwankungen ist der Zeitraum ab den 1980er Jahren bis heute wärmer als es in den letzten 1400 Jahren gewesen ist (vgl. DEUTSCHE IPCC KOORDINIERUNGSSTELLE, 2013.)

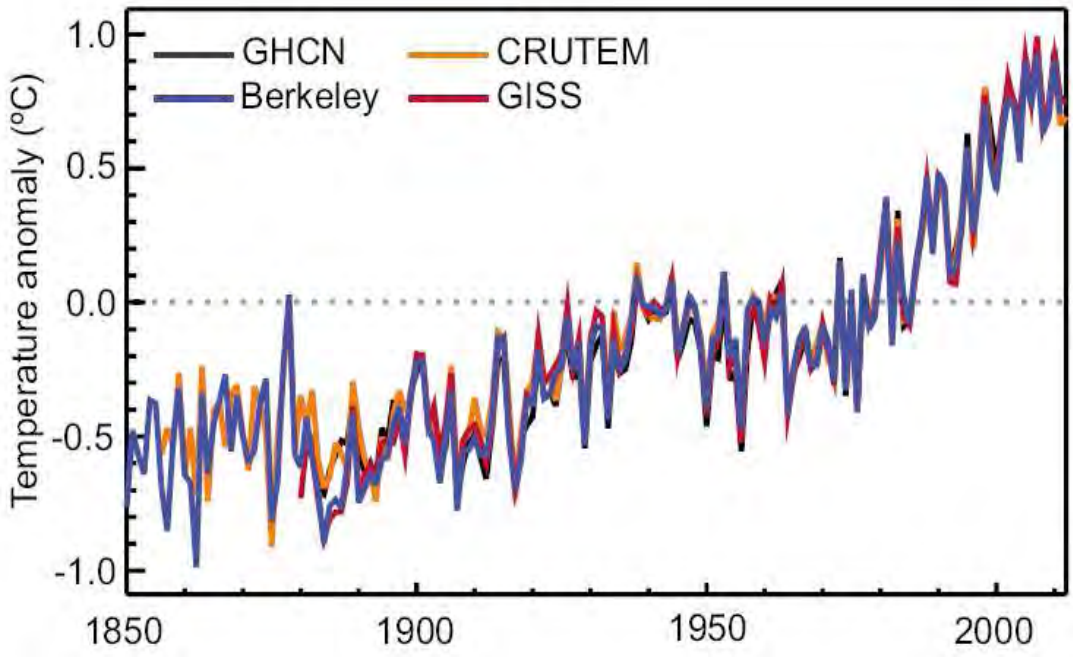


Abbildung 1: Globaler Landoberflächentemperaturanstieg 1850 – 2000 anhand von 4 Datenquellen;
Quelle: HARTMANN et al., 2013, S 187

In diesem Zusammenhang wird der Begriff Klimasensitivität beschrieben, welcher eine Prognose der globalen mittleren Bodenlufttemperatur bei einer Verdopplung der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationen beschreibt. Dem Wert liegen langfristige Untersuchungen, Modellsimulationen sowie direkte Beobachtungen zugrunde. Nach Angaben des aktuellen IPCC Sachstandsberichtes bewegt sich dieser Wert zwischen 1,5 und 4,5 °C. Die Obergrenze ist laut gegenständlicher Meinung determiniert, wobei je nach Entwicklungen der Treibhausgasemissionen der untere Wert auch steigen kann. Auch wenn die Emissionen rapide gesenkt würden, wird es klimabedingte Veränderungen langfristig geben (vgl. DEUTSCHE IPCC KOORDINIERUNGSSTELLE, 2013).

Bei anhaltenden Emissionsraten wird dies zu einer weiteren Erwärmung führen, welche Veränderungen im Wasserkreislauf hervorrufen. Dies könnte weitreichende Folgen für die Fließgewässer und auf darin beheimatete benthische Invertebraten sowie Fischgesellschaften mit sich bringen.

Aufgrund des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, der davon ausgeht, dass Wärme selbstständig von einem Körper höherer Temperatur zu einem mit niedriger fließt, kann abgeleitet werden, dass die wärmere Landoberflächentemperatur den kühleren Gewässerkörper beeinflusst.

Da sich Gase (insbesondere Sauerstoff) bei zunehmender Wassertemperatur schlechter lösen, kann dies die Artenzusammensetzung in Fließgewässern entscheidend verändern (vgl. LARCHER, 1994).

Die Ufervegetation an Fließgewässern kann hier durch positive Auswirkungen auf den Wasserkörper entgegenwirken. Speziell durch die Beschattung wird eine Verminderung des Energieeintrages und somit der Wassertemperatur hervorgerufen (vgl. RICKERT, 1985).

An kleineren Flachlandbächen kann durch geschlossenen Bewuchs dieser Energieeintrag um über 90 % vermindert werden (vgl. LINNENKAMP und HOFFMANN, 1990).

Ausgehend von den beschriebenen Klimaveränderungen wird im Rahmen des Projektes BIO_CLIC versucht *„potentielle Minderungseffekte der Ufervegetation betreffend des Klimawandels und folgend deren Auswirkung auf benthische Invertebraten und Fischgesellschaften zu erkennen und zu verstehen. Weiters sollen Grundlagen für die Erstellung von einheitlichen Richtlinien für nachhaltige Flussrevitalisierungen in Bezug auf Einflüsse des Klimawandels auf Ökosystemservices und sozioökonomische Konsequenzen bereitzustellen“* (UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN, 2012).

An besagtem Projekt beteiligen sich drei Institute der Universität für Bodenkultur Wien:

- Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB: Vegetation)
- Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG: Fisch und Benthos)
- Institut für Meteorologie (MET: Strahlung und Klima)

Am erstgenannten Institut wird die vorliegende Arbeit verfasst und widmet sich im Speziellen dem Beschattungspotential der Ufervegetation hinsichtlich der gemessenen solaren Einstrahlungsmenge in der Gewässerrinne. Hierfür wurde eine eigene Methodik entwickelt, welche unter Zuhilfenahme von hemisphärischen Fotografien die Einstrahlungsmengen misst. Zudem wird bewiesen, ob durch diese Aufnahmen die Strahlungsmenge sowie die Strahlungssituation am jeweiligen Gewässerabschnitt ausreichend erhoben werden kann.

Als Projektgebiet wurden die Flüsse Lafnitz und Pinka im Südburgenland aufgrund ihrer Lage im pannonischen Raum, der geographischen Nähe und der dadurch klimatisch ähnlichen Gegebenheiten gewählt.

Ziel der Masterarbeit ist es, eine gesamtheitliche Aussage über die solare Strahlungssituation, die an den Flussläufen vorkommt, zu geben und auf Unterschiede zu prüfen. Es sollen Erkenntnisse über die Strahlungsmenge im Hinblick auf die Zusammensetzung und Ausprägung der Ufervegetation gewonnen werden. Dies geschieht unter Berücksichtigung der Gewässerbreite, der Höhe und Zusammensetzung der Ufervegetation sowie der Exposition des Gewässerverlaufes. Die mittels hemisphärischer Aufnahmen gewonnenen Strahlungsdaten werden in Form des Global Site Factors (GSF) den eben genannten Parametern gegenübergestellt.

Die Erhebung der Gewässertemperatur wurde in diesem Zusammenhang nicht durchgeführt. Dementsprechend liefert die Arbeit keine direkten Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkung der Einstrahlung auf die Gewässertemperatur. An dieser Stelle kann auf die Arbeit von LEDOCHOWSKI (2014) verwiesen werden, welche Veränderungen der Ufervegetation sowie der Flussmorphologie und deren Einfluss auf die Wassertemperatur im Längsverlauf der Pinka

darstellt. Weiters wird geprüft, ob Unterschiede zwischen Ganztages- und Mittagsstrahlung sowie der Einstrahlung im Jahresverlauf gegeben sind. Um die Jahreszeitlichen Unterschiede zu verdeutlichen, kann folgende Abbildung 2 herangezogen werden, bei der zwei unterschiedlich stark beschattete Fließgewässer mit der relativen Lichtstärke an der Wasseroberfläche über den Jahresverlauf dargestellt werden.

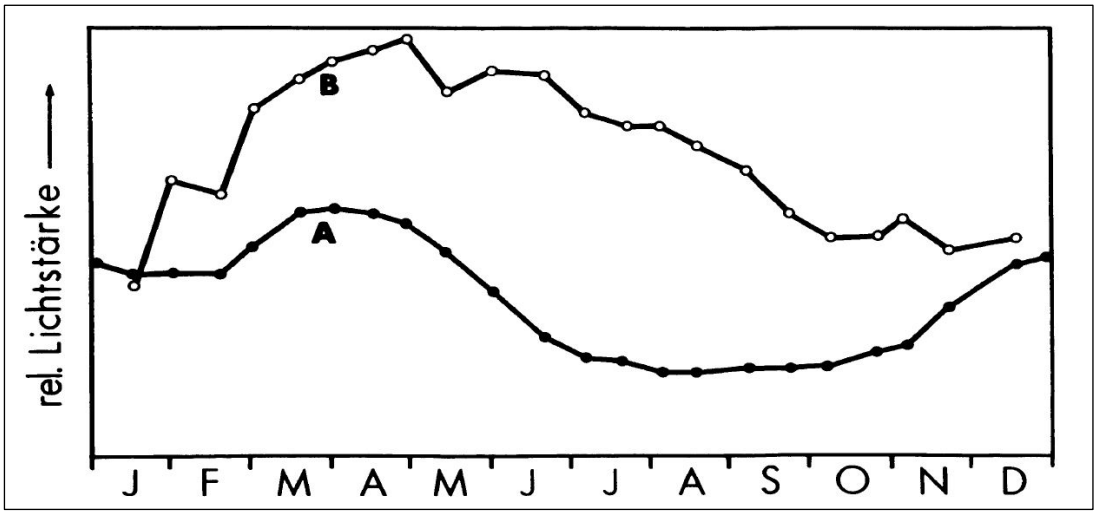


Abbildung 2: Lichtstärke an der Wasseroberfläche eines stark beschatteten Fließgewässers (A) sowie eines weniger stark beschatteten (B) im Jahresverlauf; Quelle: BREHM und MEIJERING, 1982, S.47

Es wird erkennbar, dass beide Gewässer vor dem Blattaustrieb schlecht beschattet werden. Durch Kronenschluss wird die Strahlungsmenge speziell im Sommer stark abgeschwächt, was bei Flusslauf (A) zutrifft. Des Weiteren ist erkennbar, dass bei Vorhandensein der Ufervegetation im gesamten Jahresverlauf die Strahlungsmenge stark gemindert wird.

Nach diesem Beispiel soll in der vorliegenden Masterarbeit Aussagen über mögliche Verbesserungen der Ufervegetation und deren Einfluss auf die Einstrahlungsmenge gegeben werden.

2 Allgemeines über Fließgewässer und Strahlung

Im Folgenden wird beginnend mit der Ausprägung der Gewässerrinne, den günstigen Eigenschaften der Uferbegleitvegetation bis hin zu den strahlungsrelevanten Fakten ein kurzer Einblick gegeben.

2.1 Ausprägung des Gewässerlaufes / Flusstyp

Um Fließgewässer klassifizieren zu können, wird eine Einteilung in Flusstypen getroffen. Diese stellen Abschnitte des Gewässerlaufes dar, verfügen in der Regel über ähnliche morphologische Ausprägungen und weisen generell gleiche Charakteristika auf. Dies betrifft speziell das Gefälle, das Abflussgeschehen und den Geschiebetransport. Des Weiteren sind Vorgänge der Sedimentation sowie der Erosion je Flusstyp ähnlich. Aufgrund eben genannter Parameter wird in folgende Flusstypen (siehe Abbildung 3) unterschieden. Zu nennen sind gestreckte, gewundene und Mäanderbereiche (vgl. JUNGWIRTH et al., 2003).

Abbildung 3: Morphologische Flusstypen;
Quelle: JUNGWIRTH et al., 2003, S.77

Natürliche gewässermorphologische Verhältnisse begünstigen aufgrund ihrer Strukturvielfalt die Entstehung verschiedenster Habitate, welchen den Lebensraum für eine Vielzahl an Organismen darstellen. Diese treten in typischen Abfolgen auf, welche longitudinal sowie lateral im Gewässerverlauf auftreten. So kommt es beispielsweise in Mäanderbereichen häufig zu einer Abfolge von Flussbögen. Durch Sedimentations- und Erosionsvorgänge bilden sich entlang dieser Bereiche Prall- beziehungsweise Gleitufer ähnlich der gewundenen Verläufe aus. Auch die Flusssohle weist Abfolgen von Strukturen auf, welche Kolke und Furte genannt werden. Kolke stellen eine Vertiefung der Gewässersohle dar und treten meist in den Bögen auf, wo hingegen Furte häufig zwischen den Flussbögen auftreten. Im Gegensatz zu den Kolken stellen diese rasch überflossene, flache Bereiche des Gewässerlaufes dar. Nicht nur in Mäanderbereichen treten derartige Abfolgen auf, diese lassen sich auch beim gestreckten Flusstyp beobachten. Der Unterschied besteht darin, dass bei gestreckten Verläufen diese Stufen-Becken-Strukturen in longitudinaler Abfolge und überwiegend im Oberlauf der Gewässer auftreten, wo hingegen in Mäanderabschnitten dies auch lateral beobachtet wird. Dadurch wird eine vielfältige Ausprägung der Gewässerbreiten, Sohltiefen sowie Fließgeschwindigkeit mit entsprechender Substratzusammensetzung erzeugt (vgl. JUNGWIRTH et al., 2003).

Uferzonen, denen eine spezielle Bedeutung als Lebensraum beigemessen wird, stellen den Übergang zwischen Land und Wasser dar. In Mäanderbereichen bilden diese die Grenze zur Auenzone. Periodische Überschwemmungen, über lange Zeiträume hoch anstehendes Grundwasser sowie eine typische Artenzusammensetzung sind charakteristisch. In besonders feuchten und versumpften Bereichen können sich Bruchwaldbestände entwickeln. Hochwasserereignisse bewirken speziell in der Zeit der Schneeschmelze großflächige Überschwemmungen und können bei besonders starken Ereignissen dazu führen, dass sich der Gewässerlauf verlagert. Dadurch wird die Entstehung von Altwässern begünstigt (vgl. JUNGWIRTH et al., 2003).

2.2 Wirkung von Ufervegetationsstreifen

In siedlungsnahen Gebieten wurde unter Einflussnahme des Menschen die Eigendynamik der Flüsse unterbunden, um den gesetzten Landschaftsansprüchen gerecht zu werden. Folglich gingen Ufervegetationsstreifen und die von diesen ausgehenden positiven Wirkungen verloren. Dabei muss berücksichtigt werden, dass Ufervegetationsstreifen in ausreichender Dichte, selbst an regulierten Flussabschnitten zahlreiche positive Auswirkungen aufweisen. Diese stellen wichtige Lebensräume dar und fördern den Biotopverbund sowie dessen Vernetzung. Zusätzlich verfügen diese Bereiche über eine Wirkung auf das Kleinklima und stehen in Wechselwirkung mit anderen Nutzflächen. So kann an Ufervegetationsstreifen durch Eintrag von Biomasse der Stoffkreislauf gefördert, die Abflussmenge bei Hochwasserereignissen verringert sowie eine Strahlungsminderung durch Beschattung erzielt werden (vgl. GAUMERT et al., 1997).

Im Sinne der Gewässerentwicklung in natürlichen Flüssen kann je nach Grad des Abflusses und Ausprägung des Geschiebes eine Umschichtung stattfinden, welche das Flussbett neu formt. So kann es an Prallhängen zu Erosionen sowie aufgrund fehlender Fließgeschwindigkeit zu Sedimentation von Feststoffen kommen. Aus diesem Grund muss dem Fließgewässer ausreichend

Platz im Längs- und Querverlauf eingeräumt werden um diese natürliche Dynamik zu erhalten. Durch die Bereitstellung dieser Flächen stellt der Uferbegleitstreifen eine wichtige Funktion dar, aufgrund dessen die natürliche Überformung des Gewässers durch Erosion und Sedimentation stattfinden kann (vgl. GAUMERT et al., 1997).

Uferbegleitvegetation und insbesondere Großgehölze sind in der Lage an anthropogen begradigten Fließgewässern den Wasserabfluss bei Hochwasserereignissen zu verringern. Durch Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeiten kann ein Rückhalt der Wassermassen im betroffenen Gebiet bewirkt werden. Dadurch entsteht ein natürlicher Retentionsraum, der an kleineren Gewässern eine noch größere Wirkung entfalten kann. Des Weiteren sorgt die Ufervegetation durch Stoffeintrag wie Totholz und Blattmasse an langsam fließenden Flussabschnitten für Strukturelemente im Fluss. Wurzeln an Uferanbrüchen sind in der Lage, eine mögliche Erosion zu verlangsamen oder teilweise zu verhindern. Zusätzlich vermögen in den Wasserkörper reichende Äste beziehungsweise Vegetationselemente die Wasserströmung abzulenken, wodurch die Ausformung der Gewässersohle verändert werden kann (vgl. GAUMERT et al., 1997).

Durch das Vorhandensein von breiten und dicht bewachsenen Ufervegetationsstreifen kann aufgrund des Abstandes zwischen dem Fließgewässer und etwaigen angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen ein ungewünschter Stoffeintrag wie Düngemittel und Pestizide vermieden beziehungsweise vermindert werden. Weiters sind Uferstreifen in der Lage, die durch Wind verfrachteten Feinstoffe abzufangen, welche in weiterer Folge durch Niederschlag in den Boden gelangen und dort eingelagert werden. Bei Hochwasserereignissen werden diese gebundenen Stoffe an den Wasserkörper wieder abgegeben. Je nach Dauer der Rückhaltung können Abbauprozesse stattfinden, welche den Stoffeintrag in das Gewässer verringern. Lebensgemeinschaften in Fließgewässern werden überwiegend durch abiotische Einflussfaktoren wie Licht, Temperatur und Sauerstoffgehalt beeinflusst (vgl. GAUMERT et al., 1997).

So kommt der Wassertemperatur essentielle Bedeutung zu, da durch eine Erhöhung der Temperatur im Fließgewässer einerseits der Gehalt an Sauerstoff sinkt und zum anderen der Verbrauch dessen durch Organismen steigt (Abbildung 4, S. 13). Diese Tatsache wird durch die Van`t Hoffsche Regel beschrieben, welche davon ausgeht, dass bei einer Temperaturerhöhung von 10°Grad, eine Verdreifachung des Stoffwechsels stattfindet. Diese Menge an Sauerstoff erklärt, dass im Wasser 30-mal weniger verfügbarer Sauerstoff enthalten ist als in der Luft (JUNGWIRTH et al., 2003).

Da durch Beschattung des Wasserkörpers eine Temperaturverminderung bewirkt wird, erfolgt dadurch indirekt eine Erhöhung der Sauerstoffaufnahmekapazität. Zusätzlich wird durch eine Beschattung ein übermäßiges Pflanzenwachstum im Gewässer verhindert. Dadurch können Sauerstoffübersättigungen während der Sonnenstunden sowie Unterversorgung während der Nacht verhindert werden (vgl. KRAUS, 1984).

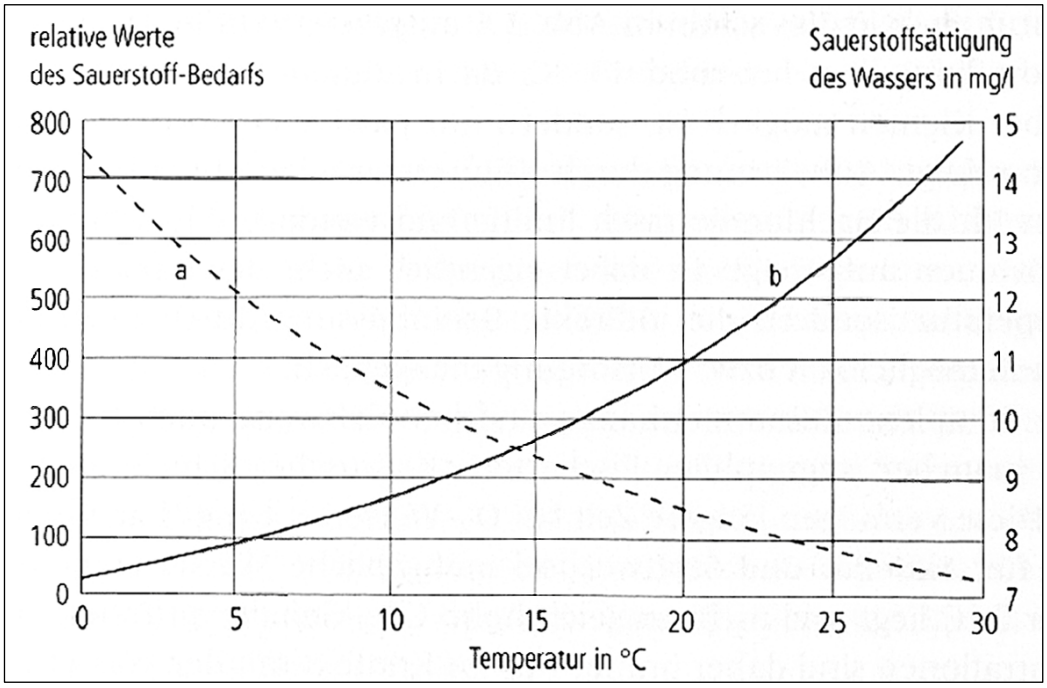


Abbildung 4: Temperaturabhängige Sauerstoffsättigung (a) und Sauerstoffbedarf von Organismen; (b)
Quelle: JUNGWIRTH et al., 2003, S.41

Um eine große Artenvielfalt an Gewässern zu gewährleisten, wird ein Wechsel von stark bestrahlten Bereichen zu schwach bestrahlten Bereichen empfohlen. Dies kann durch die geeignete Positionierung von Großgehölzen erreicht werden (vgl. RICKERT, 1985).

Die Intensität der Beschattung ist jedoch von einigen Faktoren abhängig. *"Der Energieeintrag in den Wasserkörper durch Strahlung wird von den Schattenlängen und der mittleren täglichen Abschirmung beeinflusst, die von der Höhe der Gehölze, deren Lage zum Gewässer und der Exposition des Uferstreifens abhängig sind"* (GAUMERT et al., 1997, S.11). Eine maximale Strahlungsminderung kann dabei durch dichte beidseitige Ufervegetation, im günstigsten Fall durch einen gegebenen Kronenschluss bewirkt werden (vgl. GAUMERT et al., 1997).

Referenzmessungen an einem Flachlandbach durch LINNENKAMP und HOFFMANN (1990) ergaben, dass durch einen geschlossenen Bewuchs der Lichteinfall um mehr als 90 % und bei einer lückigen Bepflanzung um circa 60 % vermindert wird.

Zusätzlich haben die Exposition des Gewässers und die daraus resultierende Lage des Ufer-vegetationsstreifens sowie die Gehölzanordnung einen Einfluss auf die Beschattung. Je nach Sonnenstand, welcher lage-, orts- und zeitabhängig ist, wird der Schattenwurf verändert (vgl. RICKERT, 1985).

2.3 Solare Strahlung

Dieses Kapitel soll einen kurzen Überblick über Strahlung im Speziellen der solaren Strahlung liefern. Zum besseren Verständnis werden an dieser Stelle Maßeinheiten und mögliche Umrechnungen angeführt um in weiterer Folge die Größenverhältnisse besser deuten zu können.

$1\ W/m^{-2} = 1\ J/m^{-2}s^{-1} = 1{,}43 \times 10^{-3}\ cal/cm^{-2}/min^{-1} = 31{,}53\ MJ/m^{-2}/a^{-1}$ (vgl. LARCHER, 1994).

Strahlung ist ein Vorgang bei dem Energie transportiert wird, ohne dabei einen materiellen Träger zu besitzen. Demnach kann die von der Sonne emittierte Strahlungsmenge durch den luftleeren Raum bis zur Erde transportiert werden. Diese Energieübertragung wird als Strom von Teilchen beziehungsweise Wellen verstanden (vgl. HÄCKEL, 2012).

Bei einer mittleren Entfernung der Erde von der Sonne mit rund 150 Mio km treffen im oberen Bereich der Atmosphäre in etwa 1.360 W/m² auf (vgl. LARCHER, 1994). Im Allgemeinen wird dieser Wert als Solarkonstante bezeichnet und beinhaltet die gesamte integrierte Bestrahlung im Lichtspektrum. Kurzfristig unterliegt der Wert Schwankungen, hingegen über längere Zeiträume betrachtet bleibt dieser konstant. Auch bei der Bestimmung variiert der Wert geringfügig, je nach Organisation die ihn definiert. So bestimmt die World Meteorological Organization (WMO) den Wert auf 1.367 W/m² (vgl. NEWPORT CORPORATION, 2014).

Anhand der folgenden Abbildung 5 werden schematisch die Vorgänge in der Atmosphäre beschrieben, welche die Strahlungsmenge in weiterer Folge bis zur Erdoberfläche verringern.

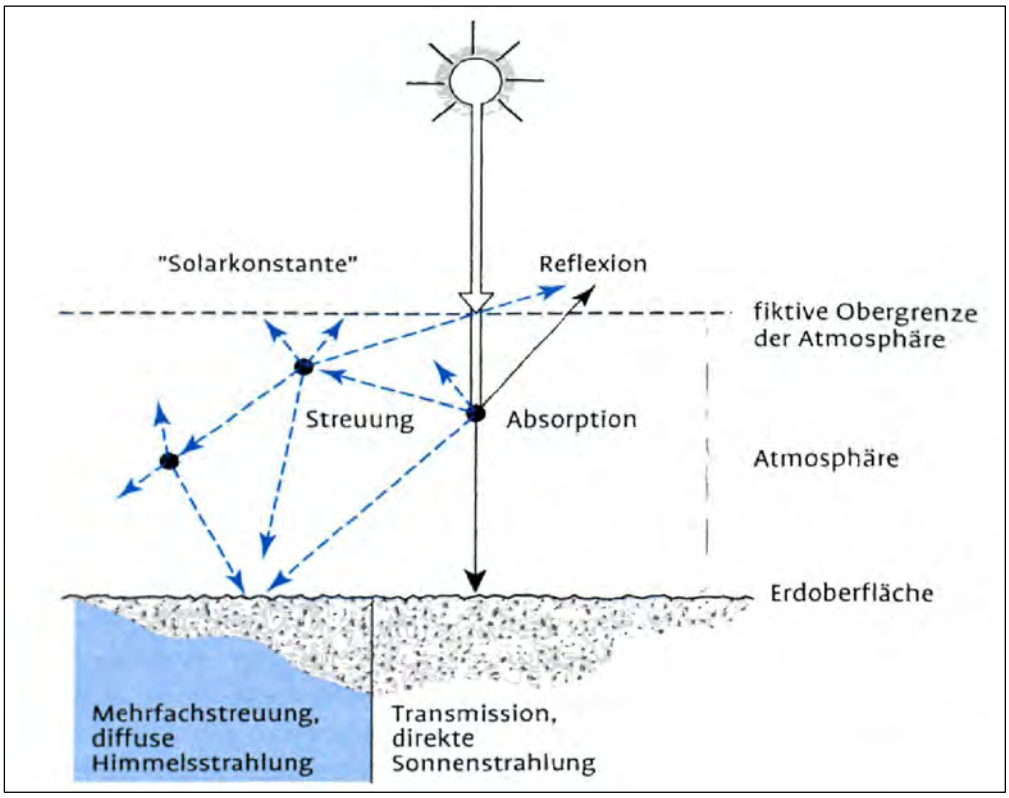


Abbildung 5: Darstellung der atmosphärischen Vorgänge bezüglich der solaren Einstrahlungsmenge;
Quelle: SCHÖNWIESE, 2013, S. 116

Die von der Sonne emittierte Energie kann durch Vorgänge der kinetischen Gastheorie die Geschwindigkeit von Teilchen durch Stoßübertragung erhöhen und folglich Materie erwärmen. In diesem Fall spricht man von Absorption. Wird die Strahlungsenergie jedoch nicht in Wärme umgewandelt, sondern in Form von Strahlungsquanten wieder abgegeben, wird von Reflexion beziehungsweise von Streuung gesprochen. Bei beiden Vorgängen bleibt die Summe der Strahlung sowie die Wellenlänge unverändert, der Unterschied besteht lediglich in der Richtung, in dem die Strahlung abgegeben beziehungsweise umgelenkt wird. So wird die aufgenommene Strahlung bei der Streuung in alle Himmelsrichtungen zufällig umgeleitet, wo hingegen bei der Reflexion sämtliche Strahlung in eine Richtung umgelenkt wird (vgl. HÄCKEL, 2012).

In Gesamtheit betrachtet erreichen im Durchschnitt rund 47 % der Solarkonstante, welche das gesamte Wellenlängenspektrum beinhaltet, die Erdoberfläche (vgl. LARCHER, 1994). Diese Durchlässigkeit wird als Transmission der Atmosphäre bezeichnet (vgl. SCHÖNWIESE, 2013). Diese 47 % setzen sich aus direkter Sonnenstrahlung und diffuser (indirekter) Himmelsstrahlung zusammen (vgl. LARCHER, 1994).

Die diffuse Himmelsstrahlung wird durch Streuung an Luftmolekülen, Aerosolen oder Wolken bewirkt und wirft anders als die Direktstrahlung keinen Schatten. Die direkte Strahlung beträgt im Jahresmittel etwa 50 % der gesamten verbleibenden Strahlungsmenge. Die Summe aus direkter und diffuser (indirekter) Strahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Bei klarem Himmel besteht die Globalstrahlung überwiegend aus direkter, bei bewölktem Himmel nahezu ausschließlich aus diffuser Strahlung. Im Jahresmittel sind bei der geographischen Breite Deutschlands, beide Anteile etwa gleich hoch (vgl. HÄCKEL, 2012).

Das Solare Spektrum der Sonnenstrahlung beim Eintritt in die Atmosphäre beschreibt einen Wellenlängenbereich von 0,29 µm bis etwa 3 µm (vgl. LARCHER, 1994). Auf die Erdoberfläche trifft jedoch nur ein Teil der Solarkonstante auf. Die folgende Abbildung 6 (S. 16) soll das solare Spektrum sowie die auf der Erdoberfläche auftreffende Strahlungsmenge veranschaulichen.

Wie anhand der Abbildung 6 erkennbar ist, werden die unterschiedlichen Spektralbereiche, die von der Sonne in Richtung Erde emittiert werden, bis zur Erdoberfläche durch zahlreiche Faktoren, welche überwiegend in der Beschaffung der Atmosphäre begründet sind, stark verringert. Als bedeutende Gase gelten Ozon, Wasserdampf und Kohlendioxid. Diese weisen für die unterschiedlichen Wellenlängen der Strahlung eigene Absorptionspotentiale auf (vgl. HÄCKEL, 2012).

Grundsätzlich bewirkt ein längerer Weg durch die Atmosphäre eine Reduktion der Strahlung insbesondere der UV-Strahlung (vgl. HÄCKEL, 2012). Demnach erhält ein Ort auf der Erdoberfläche je nach Seehöhe eine veränderte Strahlungsmenge, welche sich überwiegend im Wellenlängenbereich zwischen 0,29 µm und 0,8 µm bewegt (vgl. FABIAN, 2002). Im Wellenlängenbereich oberhalb von 0,8 µm wird der überwiegende Anteil der Strahlung durch Wasserdampf in der Atmosphäre absorbiert (vgl. FABIAN, 2002).

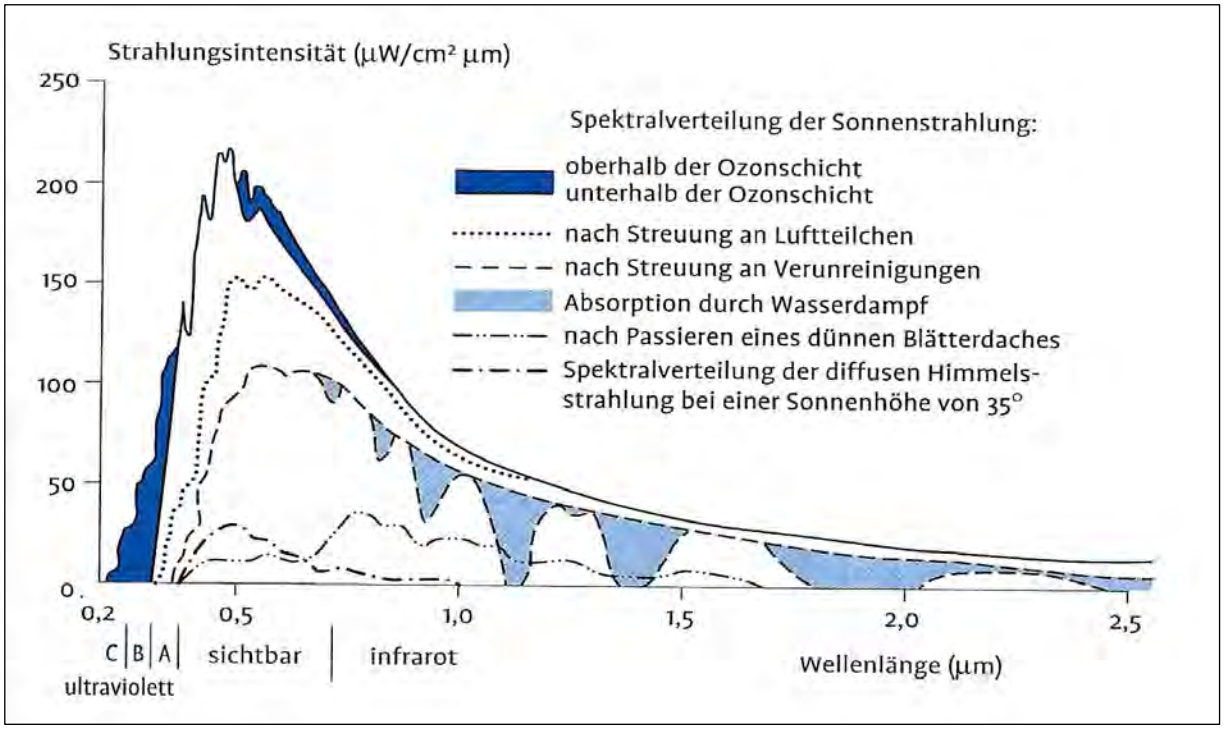


Abbildung 6: Kurzwelliges Strahlungsspektrum und dessen Veränderung beim Durchgang durch die Atmosphäre;
Quelle: HÄCKEL, 2005, S.179

Die Strahlungsmenge, welche die Erdoberfläche demnach erreicht, kann in drei Spektralbereiche aufgeteilt werden. Diese sind der ultraviolette (1,4 % Anteil), der sichtbare (53,6 % Anteil) sowie der infrarote (46 % Anteil) Wellenlängenbereich (vgl. RICKERT, 1985). Dabei gilt: „*Je kürzer die Wellenlänge desto energiereicher die Strahlung*“ (HÄCKEL 2005, S.162).

Zusätzlich der absorbierenden, streuenden und reflektierenden Vorgänge in der Atmosphäre nehmen auch die geographische Lage, die Tageszeit, die Entfernung der Erde von der Sonne sowie die Sonnenaktivität einen Einfluss auf die Strahlungsmenge (vgl. NEWPORT CORPORATION, 2014).

Daten aus Schweden, welche die längsten Aufzeichnungen der Strahlung an der Bodenoberfläche darstellen, belegen eine gewisse Schwankungsbreite. Die Werte der folgenden Abbildung 7 (S. 17) verdeutlichen die Situation im jährlichen Durchschnitt in Stockholm.

Trotz der angesprochenen vermindernden Vorgänge erhält die Erde täglich riesige Energiemengen von der Sonne. Als Beispiel beträgt der jährliche Energieverbrauch lediglich rund 3 % der täglichen Sonnenenergie. In Mitteleuropa erhält durchschnittlich ein m² Bodenfläche über einen Sommertag rund 30 MJ Energie in Form von Strahlung. Nach Geiger (1964) wird die jährliche Globalstrahlungssumme in der Maßeinheit kly (=11,6 kWh/m²) beschrieben. Österreich erhält aufgrund seiner geographischen Lage eine jährliche Globalstrahlungssumme zwischen 120 kly (1392 kWh/m²) und 140 kly (1624 kWh/m²) (vgl. HÄCKEL, 2012).

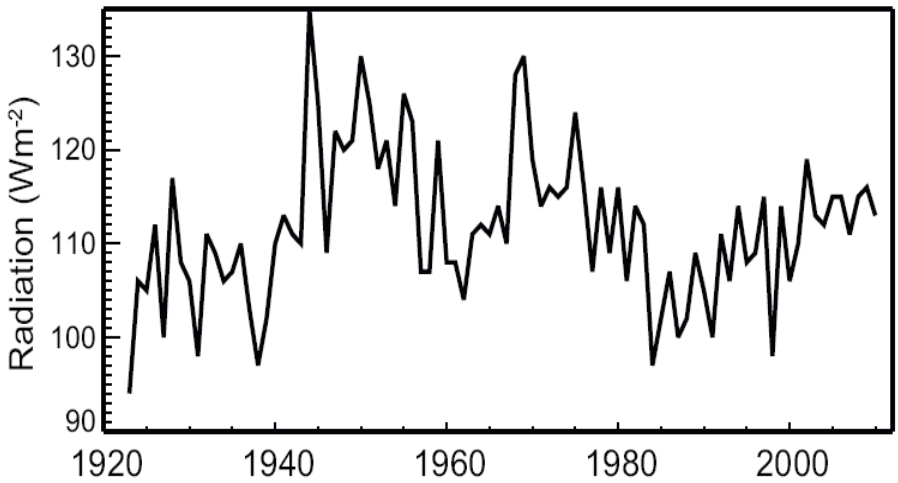


Abbildung 7: Aufzeichnung der Oberflächensonnenstrahlung im Jahresdurchschnitt, gemessen in Schweden - Stockholm; Quelle: HARTMANN et al., 2013, S 184.

2.4 Strahlung und Vegetation

Trifft die bis zur Erdoberfläche verbleibende Strahlungsmenge auf die Vegetation in Form eines Blattes, so treten Reflexions- und Absorptionsvorgänge ein, welche in folgender Abbildung 8 verdeutlicht werden. Der verbleibende Anteil durchdringt das Blatt nahezu ungehindert.

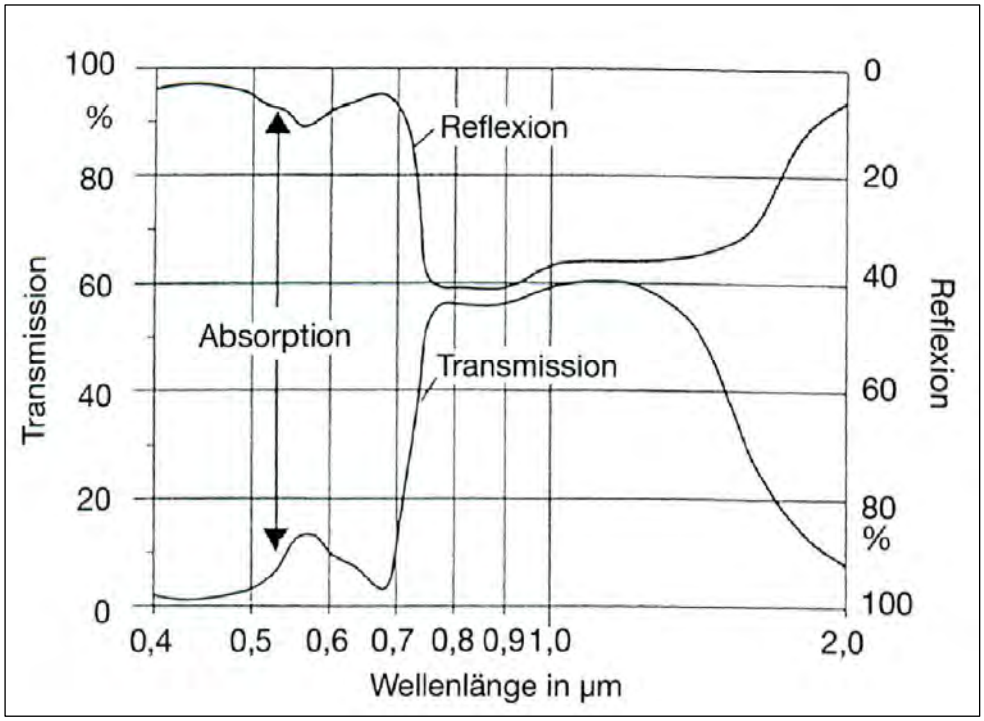


Abbildung 8: Absorptions-, Reflexions- und Durchlässigkeitseigenschaften eines Pappelblattes; Quelle: FABIAN, 2002, S. 84

"Grüne Blätter oder Nadeln absorbieren am stärksten im Wellenlängenbereich zwischen 0,4 und 0,7 µm" (FABIAN 2002, S.84). Dieser Wellenlängenbereich wird überwiegend für die Photosynthese verwendet und daher als photosynthetically active radiation (PhAR) / photosynthetisch aktive Strahlung bezeichnet. Je nach Aufbau und Beschaffenheit des jeweiligen Blattes werden zwischen 60 - 80 % der Strahlung dieses Spektrums absorbiert. Dabei spielt die Menge an Mesophyllzellen sowie das Bestehen von Chloroplasten in diesen Zellen eine entscheidende Rolle (vgl. LARCHER, 1994).

Mit jeder weiteren Blattschicht wird die verbleibende Strahlungsmenge reduziert, was dazu führt, dass lediglich die oberen 3 bis 4 Schichten optimal photosynthetisch wirksam sind. Ab circa 5 Schichten bei Laub- und 10 Schichten bei Nadelblättern werden keine weiteren Blätter mehr ausgebildet (vgl. FABIAN, 2002).

"Die Strahlungsabschwächung im Bestand hängt vor allem von der Belaubungsdichte, der Verteilung der Blätter im Bestandesraum und der Blattneigung zur einfallenden Strahlung ab." (LARCHER 1994, S. 39f).

Kürzere Wellenlängenbereiche im UV-Spektrum (0,2 - 0,4 µm) werden sehr stark durch die Außenschicht der Blätter absorbiert. Somit treten nur geringe Anteile, meist unter 5 %, tiefer in das Blattinnere ein. Die infraroten Strahlungsbereiche werden im kurzwelligeren Bereich um 2 µm geringfügig, wo hingegen im Bereich von 7 µm überwiegend absorbiert (vgl. LARCHER, 1994).

Ähnlich der Absorption bewirkt die Beschaffenheit der Blätter bezüglich der Reflexion veränderte Werte. Beispielsweise führt ein ausgeprägter Haarfilz an Blättern dazu, dass die Reflexionswerte stark gesteigert werden. So können diese wie auch hochglänzende Blätter bis zu 15 % des sichtbaren Lichtes zurückwerfen. Der grüne Wellenlängenbereich ist davon stärker betroffen als der rote Wellenlängenbereich. In Anbetracht der UV-Strahlung kann Reflexion kaum beobachtet werden, wo hingegen im infraroten Wellenlängenbereich bis zu 70 % der Strahlung von Blättern reflektiert werden (vgl. LARCHER, 1994).

Wie beschrieben wird im Bereich der photosynthetisch aktive Strahlung (PhAR) der überwiegende Anteil absorbiert, lediglich im Bereich um 5 µm ist dies verringert, wodurch Blätter grün erscheinen. Im anschließenden Wellenlängenbereich ab 0,8 µm wird jedoch der größte Anteil der Strahlung durchgelassen. Abhängig sind die Transmissionsraten ähnlich der Absorption und Reflexion von der Beschaffenheit der bestrahlten Blätter. So sind dünne und weiche Blätter wesentlich durchlässiger als dicke und derbe Blätter, wobei maximal rund 40 % der Strahlung durchgelassen werden. Generell kann gesagt werden, dass unterhalb von Vegetation vermehrt Licht im grünen und roten Wellenlängenbereich vorherrscht und mit zunehmender Dichte des Bestandes in Infrarot übergeht (vgl. LARCHER, 1994). In folgender Abbildung 9 (S. 19) wird der schematische Durchfluss der Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche des sichtbaren Lichtes unterhalb beziehungsweise neben bestehender Vegetation im Vergleich zur Globalstrahlung dargestellt.

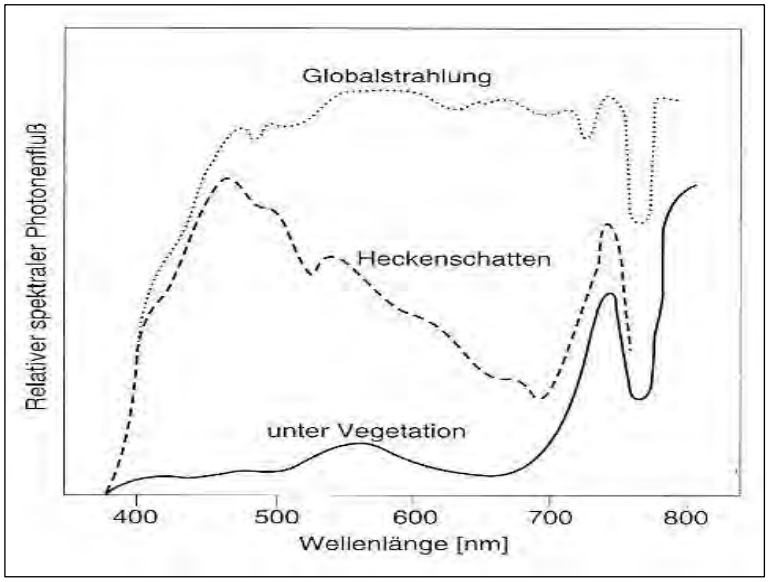


Abbildung 9: Spektrale Strahlungsverteilung der ungehindert einfallenden Mittagssonnenstrahlung, im Schlagschatten einer Hecke sowie unterhalb einer geschlossenen Vegetationsabdeckung; Quelle: LARCHER, 1994, S. 47

2.5 Eigenheiten des Wassers

Die chemische Formel von Wasser (H_2O) beschreibt ein unscheinbares Molekül. In Abbildung 10 werden die beiden positiv geladenen Wasserstoffatome sowie das negativ geladene Sauerstoffatom erkennbar.

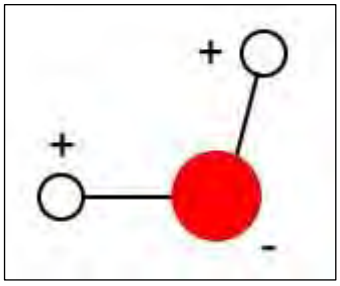


Abbildung 10: Wassermolekül;
Quelle: PAEGER, 2013

Unterschiedliche Flüssigkeiten weisen verschiedene Temperaturen bei gleicher Wärmezufuhr auf. Wasser nimmt in diesem Zusammenhang aufgrund seiner großen spezifischen Wärme von rund 4,2 kJ/kgK eine Sonderstellung ein. Im Vergleich zu Erdöl benötigt Wasser in etwa doppelt so viel Energie um erwärmt zu werden. Dabei gibt die spezifische Wärme an, wieviel Energie in Form von Wärme in Kilojoule einem Kilogramm einer Substanz zugeführt werden muss, um diese um ein Kelvin zu erwärmen. Ein Kelvin entspricht dabei dem 273,16`ten Teil des Trippelpunktes von Wasser der bei 0,01*Grad liegt. Flüssiges Wasser verfügt demnach über die Eigenschaft, sehr viel Energie in Form von Wärme zu speichern. Diese verbleibt, wenn nicht für Schmelz- beziehungsweise Verdunstungsvorgänge aufgewendet wird, in Form von latenter Wärme erhalten (vgl. HÄCKEL, 2012).

2.6 Wirkung der Strahlung auf den Wasserkörper

Die Wasseroberfläche ist der Bereich, an dem der Wasserkörper mit den Strahlungsvorgängen die in der Atmosphäre gegeben sind, in Kontakt tritt. Dies betrifft besonders die langwellige sowie die kurzwellige Sonnenstrahlung, was in Abbildung 11 verdeutlicht wird (vgl. FREY, 2002).

Generell kann gesagt werden, dass ein Gewässer und dessen Temperatur abhängig ist von der Wärmeaufnahme- und Abgabe von und in die Atmosphäre sowie der Verteilung im Gewässer. *„Das Licht das auf die Gewässeroberfläche auftrifft, wird in dreifacher Weise beeinflusst: es wird reflektiert sowie im Wasser absorbiert und gestreut“* (SCHWOERBEL und BRENDLBERGER, 2005, S.32). Bei der Absorption wird die Strahlungsenergie in Wärme umgewandelt, was überwiegend in den obersten Wasserschichten durch langwellige Strahlung bewirkt wird (vgl. SCHWOERBEL und BRENDLBERGER, 2005). Insbesondere kommt der Strahlung im Bereich von 0,6 - 0,8 µm große Bedeutung zu. So werden bei einer Wellenlänge von rund 0,8 µm 84,6 % absorbiert (vgl. FREY, 2002).

Weiters sind Vorgänge der Verdunstung und Konvektion von Bedeutung. Der Bereich, in dem diese Prozesse stattfinden wird advektive Zone genannt. Auf Grund dessen kommt der Breite des Gewässers großer Bedeutung zu (vgl. FREY, 2002).

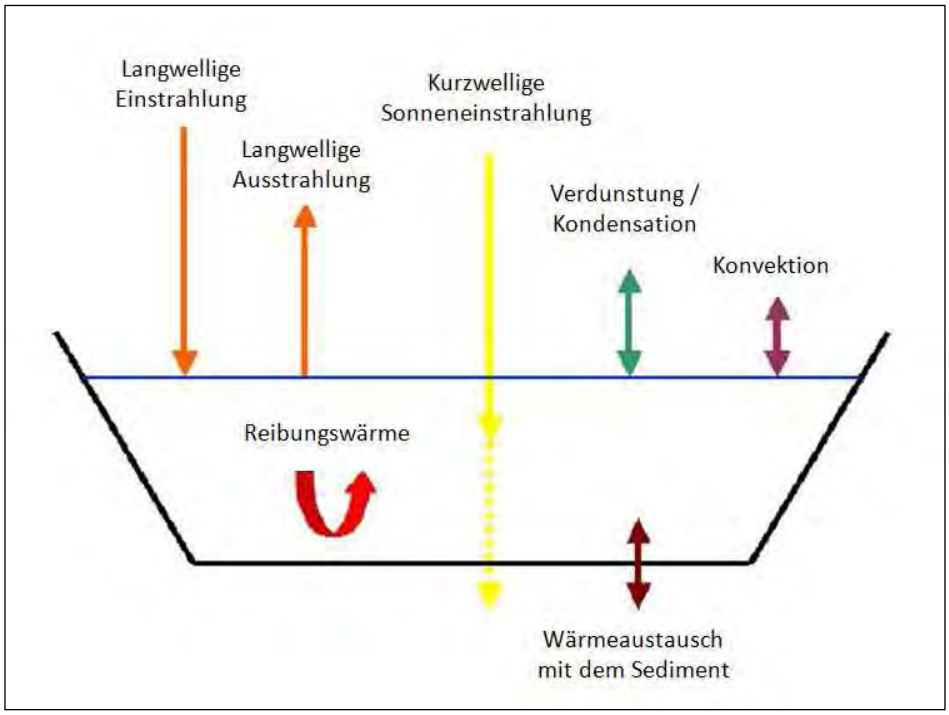


Abbildung 11: Energieflüsse, welche den Wärmehaushalt in Fließgewässern bestimmen; Quelle: FREY, 2002, S. 21

Die Reflexion findet unmittelbar an der Wasseroberfläche statt und lässt sich zusammenfassend durch Albedo – Werte beschreiben, welche sämtliche Wellenlängen berücksichtigen. Für den solaren Strahlungsbereich ergeben sich Reflexionswerte von 6 – 12 %, für den Bereich des sichtbaren Lichts 5 – 15 % und für die terrestrische Strahlung circa 4,5 % (vgl. SCHWOERBEL und BRENDLBERGER, 2005).

Die unterschiedliche Beschaffenheit des Gewässers sowie der Gehalt an Schwebstoffen im Wasser bewirken eine veränderte Transmission und lassen den entsprechenden Gewässerkörper in einer bestimmten Farbe erscheinen (siehe Abbildung unten). Dabei gelten die gleichen Strahlungsbedingungen sowohl für stehende Gewässer als auch für Fließgewässer, lediglich die Reflexion ist aufgrund der nicht glatten Oberfläche gesteigert (vgl. SCHWOERBEL und BRENDLBERGER, 2005).

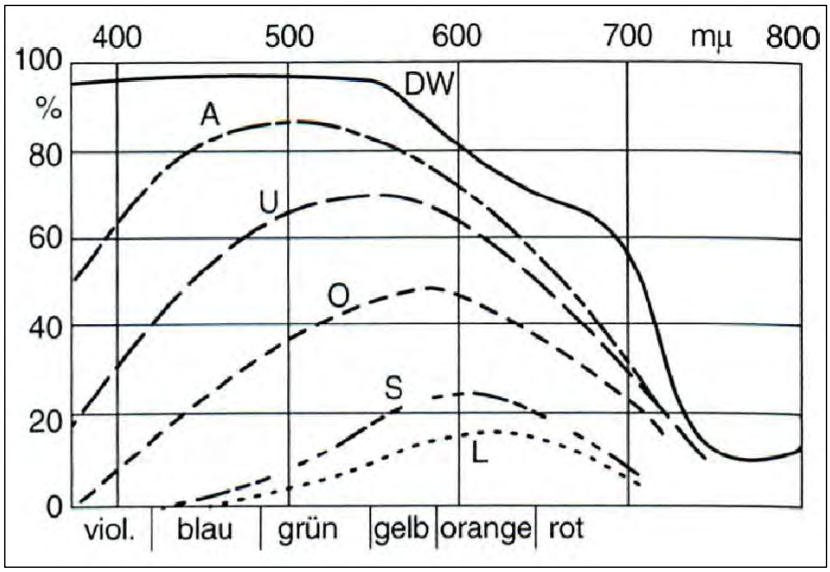


Abbildung 12: Spektrale Transmission für eine Wasserschicht von 1m Dicke, DW - Destilliertes Wasser, A-L Seen verschiedener Beschaffenheit;
Quelle: SCHWOERBEL und BRENDLBERGER, 2005, S.34

2.7 HemiView als Methode der Strahlungsmessung

Die Untersuchungsmethodik mittels hemisphärischer Fotografien eignet sich zur Erhebung von Pflanzenbedeckungen und ist seit einigen Jahrzehnten zur gängigen Praxis geworden. Dabei werden mittels Weitwinkelobjektiv hemisphärische Aufnahmen getätigt, welche das bestehende Kronendach aufnehmen sollen. Für jede hemisphärische Aufnahme lassen sich nach Einstellung verschiedener ortsspezifischer Parameter diverse lichtökologische Werte errechnen. So wird der Lückenanteil im Kronendach eruiert, welcher in Folge von der Software HemiView durch Überlagerung der Aufnahmen mit der Sonnenbahn in Strahlungsdaten wie beispielsweise den Global Site Factor (GSF) umgerechnet wird (vgl. RICH, 1990).

Dieser Wert stellt das Verhältnis von Globalstrahlung unter einer Pflanzenabdeckung zur Globalstrahlung oberhalb des Bestandes dar. Errechnet wird dieser Faktor aus direkter und diffuser Strahlung, wo hingegen die reflektierte Strahlung nicht berücksichtigt wird. Bezüglich der Erhebung von Beschattung, welche durch Überschirmung hervorgerufen wird, kann diesem Wert große Bedeutung beigemessen werden. HemiView bietet zusätzlich die Möglichkeit verschiedenste Ergebnisse zu liefern wie Information über die photosynthetisch wirksame Blattmasse in Form des Leaf Area Index (LAI) (vgl. RICH et al., 1999).

Die Verwendung von HemiView speziell des LAI - Wertes wurde häufig für Waldökologische Zwecke wie beispielsweise von SCHUME (1998) angewendet, beziehungsweise für die Erhebung großflächiger Vegetationsstrukturen in tropischen Regenwäldern genützt (vgl. TRICHON et al., 1998). Für die vorliegende Arbeit findet der LAI-Wert jedoch keine Anwendung.

Im Vorfeld wurden bereits Untersuchungen im Zusammenhang einer beschattenden Wirkung der Vegetation seitens des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an der Universität Wien getätigt. Diese reichen von Modellversuchen, die sich mit der beschattenden Wirkung von Vegetation beschäftigen (vgl. FÜRBASS, 2012; REINER, 2011) bis zu Feldversuchen an einzelnen Stellen in Fließgewässern mit entsprechender Wassertemperaturerhebung. Der Untersuchungsbedarf auf diesem Gebiet ist gegeben, da bislang die gewonnen Erkenntnisse lediglich für kleine Abschnitte an Fließgewässern gelten (vgl. ZINGERLE, 2012).

Zudem wurden die Umgebungsstruktur sowie die vorhandene Vegetation nicht in Beziehung mit der gemessenen Strahlung gesetzt und die Stichprobe war zu klein um für größere Untersuchungsflächen Aussagen treffen zu können. Dies soll durch eine wesentlich größere Stichprobe sowie unter Berücksichtigung der Ufervegetation im Bezug der Strahlungsmengen ermöglicht werden.

2.8 Sonnenbahn und Ekliptik

Da die Erde zur Ekliptikebene (scheinbare Sonnenbahn, welche die Sonne im Laufe des Jahres beschreibt) um 23,27 Grad geneigt ist, ändert sich der Tageshöchststand der Sonne abhängig von der geographischen Breite im Laufe des Jahres und bewirkt die Jahreszeiten (vgl. SCHÖNWIESE, 2013). Der schematische Verlauf der Erde um die Sonne wird in nachfolgender Abbildung 13 verdeutlicht.

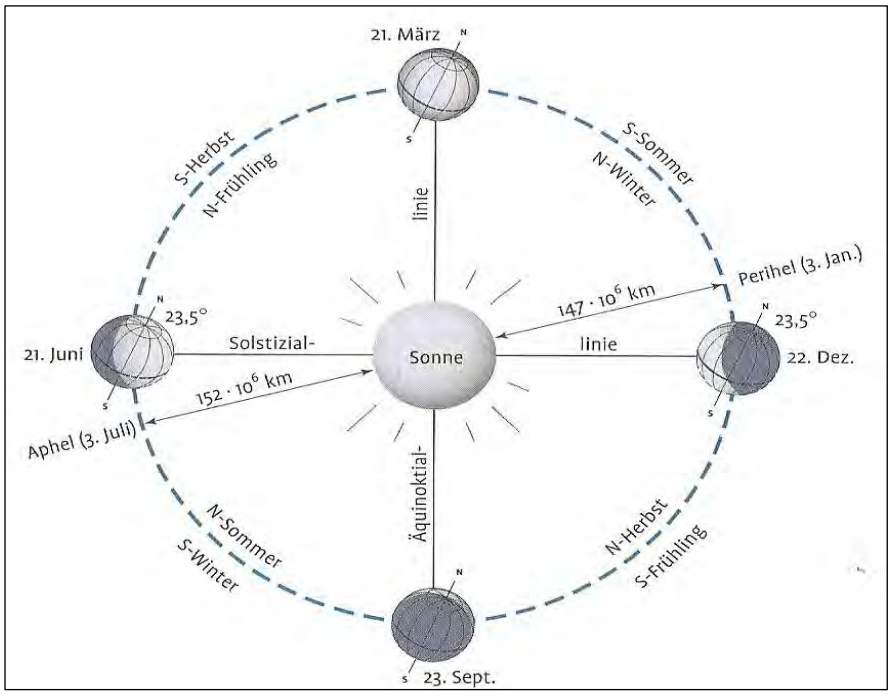


Abbildung 13: Erdachsenneigung gegen der Umlaufebene im Jahresverlauf;
Quelle: SCHÖNWIESE, 2013, S. 112

Die Erde folgt einer elliptischen Umlaufbahn, welche ihre größte Sonnennähe im Perihel derzeit am 3. Jänner erreicht. Im Gegensatz dazu befindet sie sich am 3. Juli im Aphel, der Punkt an dem die größte Entfernung zur Sonne besteht (vgl. SCHÖNWIESE, 2013).

Die Äquatorialbereiche verfügen über jeweils die gleiche Tages- und Nachtlänge im Jahresverlauf mit genau 12 Stunden. Im Gegensatz dazu ändert sich die Tageslänge im Jahresverlauf mit Ausnahme des Pols auf der Nord- und Südhalbkugel. Die Tag- und Nachtgleiche besteht an diesen Orten jeweils nur am Datum der Äquinoktien. So nehmen auf der Nordhalbkugel ab dem 21. März die Tageslängen kontinuierlich bis zum Sommersolstitium am 21. Juni zu. An diesem Tag ist die Erde mit ihrem Nordpolende im maximalen Winkel zur Sonne hin gekippt (vgl. SCHÖNWIESE, 2013). Von Relevanz sind diese Gegebenheiten, da damit eine Veränderung der Tageslänge sowie der Höhe des Sonnenstandes einhergeht. Auch verändert sich entsprechend die Energiemenge welche ein Punkt auf der Erdoberfläche erhält (vgl. HÄCKEL, 2012).

In der folgenden Abbildung 14 werden für Markt Allhau, einem Ort im Südburgenland, die Sonnenhöhen im Tages- und Jahresverlauf anhand eines Sonnenstandsdiagrammes dargestellt.

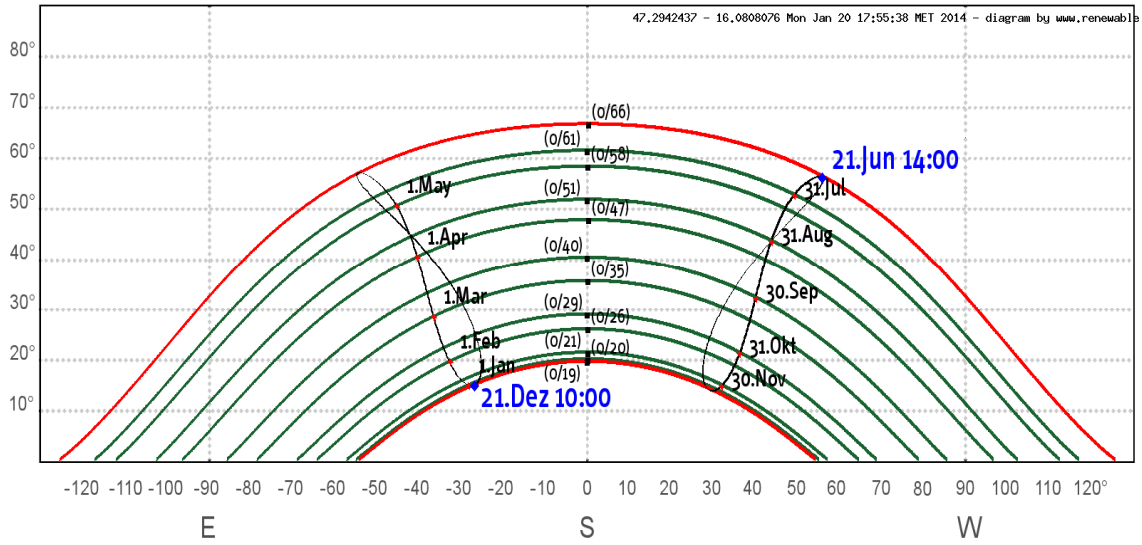


Abbildung 14: Sonnenbahn im Verlauf eines Jahres anhand eines Sonnenstandsdiagramms für die Gemeinde Markt Allhau; Quelle: GLEIS, 2014

3 Untersuchungsgebiet

In folgendem Kapitel werden die Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes, welches in Abbildung 15 dargestellt wird, näher erläutert.

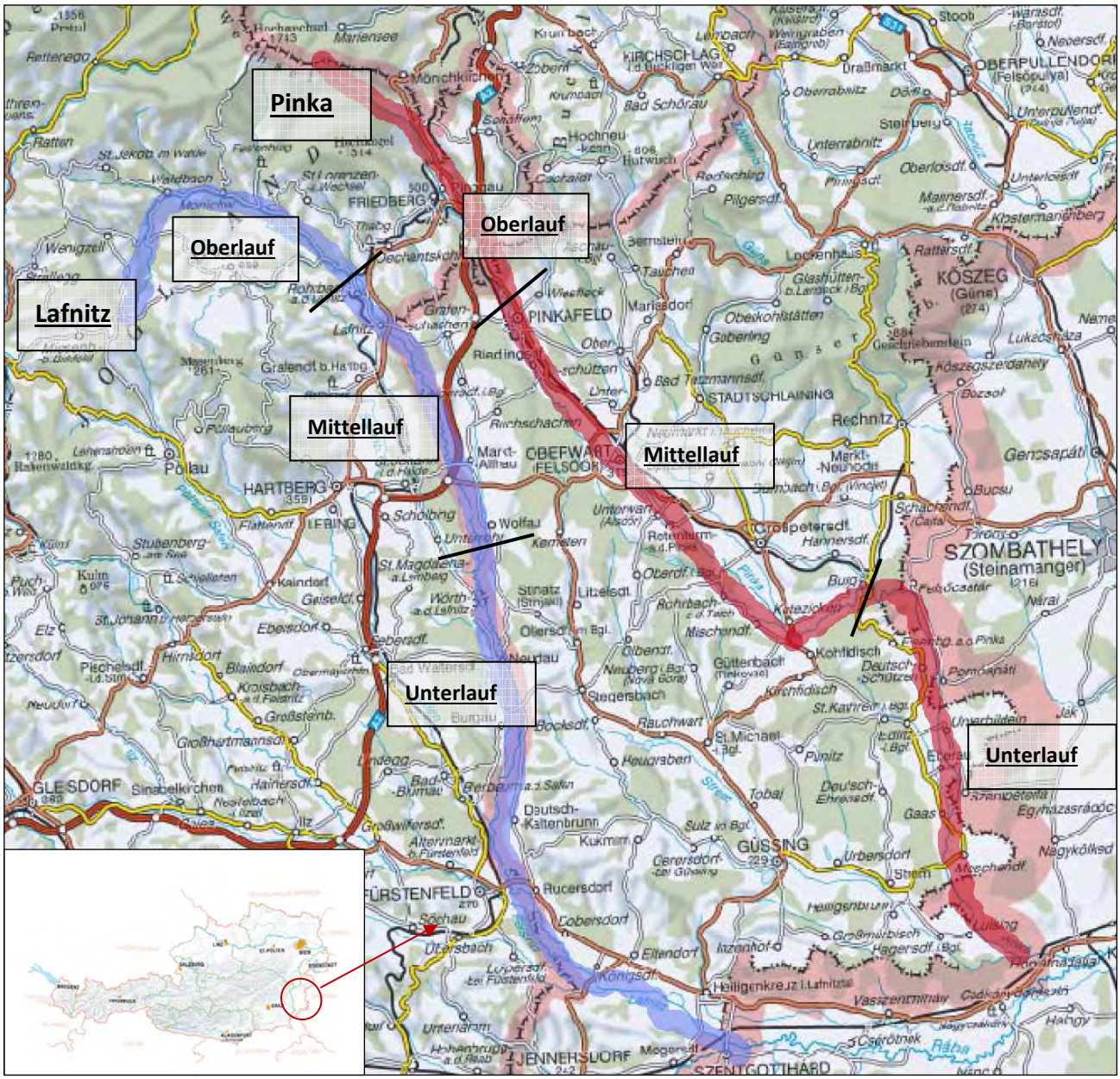


Abbildung 15: Übersicht Untersuchungsgebiet, Flusslauf Lafnitz (blau markiert), Flusslauf Pinka (rot markiert);
Quelle: BEV, 2014, modifiziert

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich von den südlichen Randbereichen der Steiermark bis hin zur ungarischen Staatsgrenze und beinhaltet die Flussläufe von Lafnitz und Pinka, welche farblich markiert sind. Unterteilt man die Lafnitz in Ober-, Mittel- und Unterlauf, so gilt der Bereich von der Quelle bis zur Gemeinde Rohrbach an der Lafnitz als Oberlauf (WOLFRAM et al., 2008). Von Rohrbach bis zur Mündung des Stögersbaches in der Nähe der Gemeinde Wörterberg als Mittellauf und der Bereich bis zur Staatsgrenze als Unterlauf (CEJKA et al., 2005; WEIDEVEREIN RAMSARGEBIET LAFNITZTAL, o.J.).

Unterteilt man die Pinka in diese Abschnitte, so besteht ein Übergang vom Oberlauf zum Mittellauf nördlich von Pinkafeld (EBERSTALLER et al., 2002). Der Unterlauf beginnt nach dem Eisenberg nahe der Gemeinde Burg (AEIOU, 2014). Beide Flüsse verlaufen in einer Region, welche sich durch zwei Wuchsgebiete charakterisieren lässt (Abbildung 16). Diese sind das Ost- und Mittelsteirisches Bergland - 5.3 - sowie das Subillyrische Hügel- und Terrassenland - 8.2. den längenmäßig größeren Anteil hat letztgenanntes Gebiet (vgl. KILIAN et al., 1993).

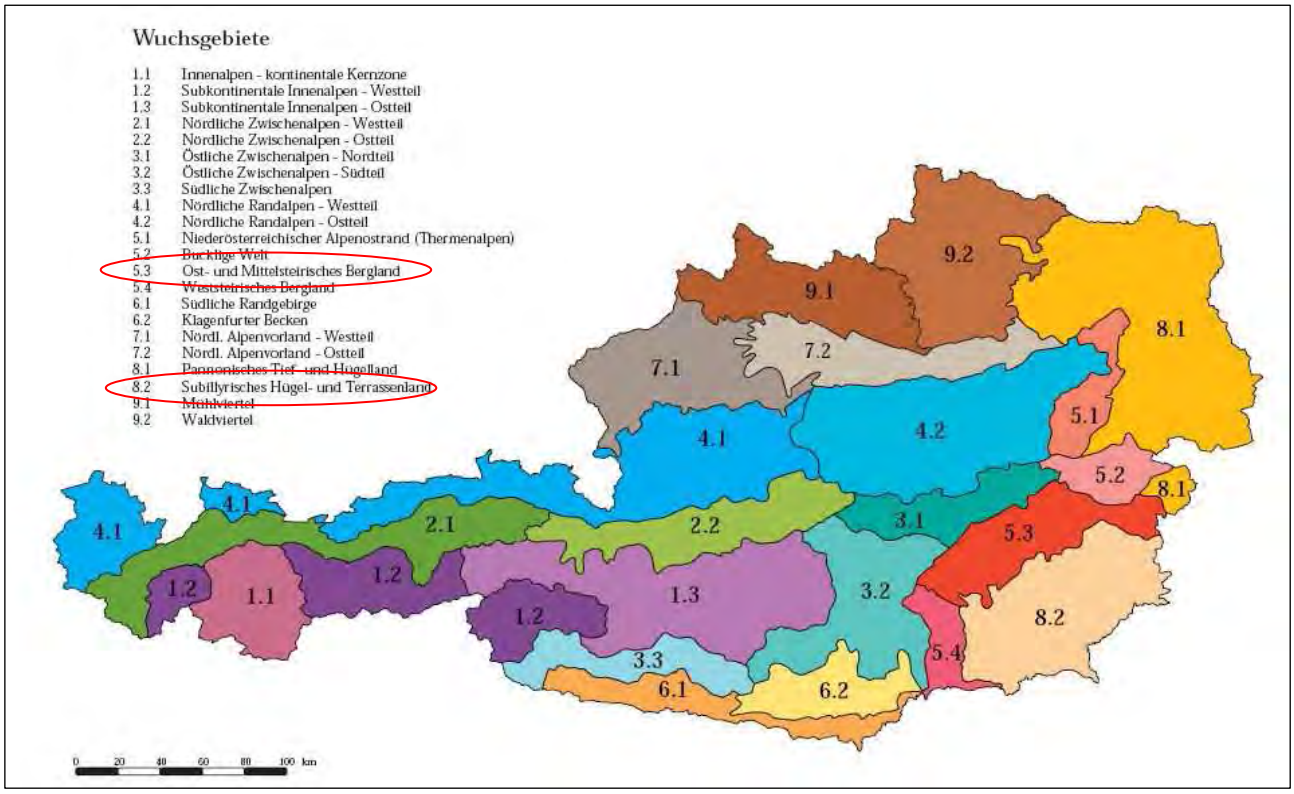


Abbildung 16: Wuchsgebiete Österreichs; Quelle: KILIAN et al. 1994

3.1 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland

Der Bereich umfasst die Höhenstufen Collin bis Submontan mit 200 - 670 Höhenmetern. Aus geomorphologischer Sicht herrscht am Gebirgsrand dichtgründiger silikatischer Braunlehm vor. Im tieferen Hügelland überwiegt Pseudogley aus Staublehm. In den Talsohlen findet man schwere Gleyböden vor, teilweise können schwere Braunerden auf Hangrücken auftreten.

Charakteristisch sind anthropogene Rotföhren- und Fichtenforste sowie natürliche Eichen- und Hainbuchenwälder. An größeren Flusstälern entstandene Auwälder beheimaten häufig Silberweiden, Grau- und Schwarzerlen, Silberpappeln, Stieleichen und Eschen. An trockenen, jedoch noch frisch-feuchten Standorten dominieren Laubmischwälder bestehend aus Esche, Bergahorn und in selteneren Fällen aus Bergulme.

3.2 Ost- und Mittelsteirisches Bergland

Die topographisch höher gelegenen Bereiche des Projektgebietes befinden sich im Ost- und Mittelsteirischen Bergland, welches Seehöhen bis zu 1500 m und darüber aufweist. Entsprechend der topographischen Ausformung sind die Bodentypen vielgestaltig. Zu finden sind podsolige Braunerden im burgenländischen Bereich, basenreiche Braunerden und Kalkbraunerden bis hin zu den häufiger vorkommenden Semipodsolen auf Gneis (Abbildung 16, S. 25, Bereich 5.3).

Aufgrund der ausgeprägten Höhenunterschiede können unterschiedliche Vegetationsgesellschaften angetroffen werden. Diese reichen von der submontanen Höhenstufe mit Eichen- und Hainbuchenwäldern bis zu Fichten-Tannenwald Gesellschaften im Hochmontan. An Standorten mit speziellen Eigenschaften finden sich auch Laubmischwälder mit Esche, Bergulme und Bergahorn (vgl. KILIAN et al., 1993).

Das im Untersuchungsgebiet vorherrschende Klima wird durch Einflüsse von drei großen Klimazonen (alpin, illyrisch, kontinental) geprägt. Je nach Lage sind Jahresniederschlagssummen zwischen 700 - 1000 mm charakteristisch, im äußersten Südwesten sogar bis 1250 mm. Ein häufiges Auftreten von Gewittern und Starkregen sind typisch für diese Region und auf den Einfluss des illyrischen Klimas zurückzuführen (vgl. WOSCHITZ und WOLFRAM, 2012). Speziell das Einzugsgebiet der Lafnitz ist von derartigen Ereignissen mit vermehrter Häufigkeit an Hagelfällen geprägt. Diese bewirken, dass der Fluss des Öfteren über die Ufer tritt und den umliegenden Talraum überschwemmt (vgl. CEJKA et al., 2005).

Geeignete Temperaturdaten des Gebietes zu erhalten war schwierig, da die Flussläufe teilweise in Gebieten verlaufen, an denen keine Messstellen in direkter Nähe vorhanden sind. Stellvertretend wurden folgende Messstellen (Tabelle 1, S. 27) herangezogen, um repräsentative Temperatur- und Klimadaten zu erhalten. Für die Lafnitz werden Messstellen in Aspang (Oberlauf), Hartberg (Mittellauf) und Güssing (Unterlauf) gewählt. Für die Pinka gelten bis auf Bad Tatzmannsdorf (Mittellauf) die gleichen Messstellen.

Tabelle 1: Mittlere Monatstemperaturen sowie Anzahl an Sonnenstunden im Jahresverlauf 2011 einiger Messstellen nahe des Untersuchungsgebietes; Quelle: ZAMG, 2012

Messstation - Aspang	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Jahr**
Lufttemperatur in °C													
Monats-/Jahresmittelwert	-1,9	-1	3,6	9,9	12,8	16,9	16,9	17,7	14,7	7,2	1,7	0,9	8,3
absolutes Maximum	12,2	19	19,5	25,9	26,6	28,4	29,7	32,2	28,8	24,4	16,8	11,6	32,2
Sonnenscheindauer in Stunden													
Monats-/Jahressumme	93	112	157	182	223	164	125	192	162	108	145	63	1726
Messstation - Hartberg	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Jahr**
Lufttemperatur in °C													
Monats-/Jahresmittelwert	-1,3	-0,6	4,9	12	15,1	18,9	19,3	20,3	17,1	8,6	2,1	1,2	9,8
absolutes Maximum	13,6	19,9	21,1	27,9	28,3	29,9	33,5	33,5	30,3	26,1	18,8	11,1	33,5
Sonnenscheindauer in Stunden													
Monats-/Jahressumme	106	112	206	231	299	223	197	276	246	165	88	70	2219
Messstation - Bad Tatzmannsdorf	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Jahr**
Lufttemperatur in °C													
Monats-/Jahresmittelwert	-1,4	-1	4,3	11,5	15	18,7	18,9	19,9	16,6	8,3	1,5	0,6	9,4
absolutes Maximum	11,6	17,5	19,9	26,2	28,1	29,1	33,1	33,1	29,5	25,1	18,5	10,7	33,1
Sonnenscheindauer in Stunden													
Monats-/Jahressumme	93	113	199	217	317	233	194	274	233	146	82	60	2161
Messstation - Güssing	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**Jahr**
Lufttemperatur in °C													
Monats-/Jahresmittelwert	-0,8	-0,5	5,1	11,9	15,7	19,9	19,7	20,6	17,3	9	2,6	1,7	10,2
absolutes Maximum	13,4	18,6	22,6	27,4	29,8	31	34	34,9	31,3	26,7	20,5	12,2	34,9
Sonnenscheindauer in Stunden													
Monats-/Jahressumme	69	110	214	223	342	278	222	313	267	167	80	71	2356

Aufgrund der Lage in einer Beckenlandschaft mit kontinentalem Einfluss, kann es im Untersuchungsgebiet zu relativ großen Temperaturschwankungen im Jahresverlauf kommen. So werden in den Sommermonaten teilweise sehr hohe Temperaturen erreicht, während im Winter mit strengem Frost zu rechnen ist (vgl. EBERSTALLER et al., 2002).

Diese Frostereignisse werden zudem durch die Inversionslage der Becken und Täler sowie durch den Einfluss pannonischer Luftströmungen, welche die von Westen stammenden wärmeren Luftströmungen abschwächen, begünstigt (vgl. CEJKA, 2005).

3.3 Lafnitz

Die Lafnitz, ein Fluss im Südosten Österreichs, entspringt im steirischen Wechselgebiet und mündet bei St. Gotthard in Ungarn in die Raab. Als ehemaliger Grenzfluss zu Ungarn trennt der Fluss heute die westlich gelegene Steiermark vom östlich gelegenen Burgenland. Die Lafnitz weist eine Länge von 110 km (vgl. CEJKA et al., 2005) auf und hat ein Einzugsgebiet von 1994 km². Ab der Quelle weist der Fluss Wildbachcharakter auf und verläuft meist in tief eingeschnittenen bewaldeten Tälern. Ab der Gemeinde Rohrbach an der Lafnitz findet ein Übergang zwischen dem gebirgigen Wechselgebiet und angrenzenden flacheren Bereichen statt. Der Fluss ändert in diesem Bereich seinen Charakter, beginnt zu mäandrieren und ähnelt zunehmend einem Tieflandfluss mit breiter Gewässerrinne und geringer Fließgeschwindigkeit (vgl. WEIDEVEREIN RAMSARGEBIET LAFNITZTAL, o.J.). Von der Quelle bis zur Mündung werden knapp 700 Höhenmeter überwunden (vgl. WOSCHITZ und WOLFRAM, 2012).

Zu den wichtigsten Zubringern zählen im Oberlauf die schwarze Lafnitz sowie der Voraubach. Im Bereich des Mittellaufes stellt lediglich der Stögersbach einen bedeutenden Zubringer dar, welcher an der Grenze zum Unterlauf in den Fluss mündet. Im Unterlauf münden zahlreiche Gewässer in den Fluss, wobei die Safen und Feistritz als bedeutendste Zuflüsse gelten (vgl. WOLFRAM et al., 2008).

Die Abflussdaten der Lafnitz im Jahresdurchschnitt basieren Hydrologiemessdaten der Bundesländer Steiermark und Burgenland (Tabelle 2). Die Messstationen sind verteilt auf Ober- Mittel- und Unterlauf. Folgende mittlere Abflussmengen lassen sich für das Jahr 2013 annäherungsweise ableiten.

Tabelle 2: Durchschnittliche Abflussmenge der Lafnitz im Jahr 2013 an unterschiedlichen Messstellen;
Quelle: AMT D. STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014 (1-3), AMT D. BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014 (4)

Mittlere Abflussmenge 2013	*Messstation*
2,62 m³/s	Rohrbach an der Lafnitz (1)
3,77 m³/s	Wörth (2)
6,60 m³/s	Bierbaum (3)
22,42 m³/s	Heiligenkreuz (4)

Die Spannweite zwischen der minimalen (< 10 m³/s) und maximalen (> 40 m³/s) Abflussmenge betrachtet im Zeitraum zwischen 2002 und 2012 an der Messstation Heiligenkreuz, war speziell im Frühjahr groß. Die Amplitude der Abflüsse über die Sommermonate im gleichen Zeitraum gebildet zeigt geringere Unterschiede von circa 25 m³/s. Auch im Jahr 2013 wurden aufgrund der großen Niederschlagsmengen besonders hohe Abflussmengen an der Messstation Heiligenkreuz mit bis zu 44 m³/s im Frühjahr beobachtet.

Mit gesteigerter Talbreite dominiert die Landwirtschaft das Landschaftsbild, jedoch blieb die ursprüngliche mäandrierende Flusscharakteristik erhalten. So wie in unbeeinflussten Auwaldkomplexen vorherrschend hat der Fluss die Möglichkeit, nach Hochwasserereignissen sein Flussbett zu verlagern. Dies geschieht mitunter durch Verlandungsprozesse oder Mäanderdurchbrüche, wodurch teilweise Alt- und Seitenarme entstehen (vgl. WOSCHITZ und WOLFRAM, 2012). Speziell im Bereich zwischen den Gemeinden Neustift und Wolfau ist dies der Fall (Abbildung 17). Entlang des Flusslaufes sind flussbegleitende Gehölzsäume unterschiedlicher Breite vorzufinden.

Abbildung 17: Gewässerabschnitt der Lafnitz in der Nähe von Neustift an der Lafnitz; 14.05.2013

Der Fluss gilt im Mittel- und Unterlauf als Dammuferfluss. Diese besondere Charakteristik des Abflussgeschehens wird durch Feinsedimenttransport und dessen Ablagerung bewirkt. Speziell während der Hochwasserereignisse wird viel Material an den Ufern abgelagert, wodurch mit der Zeit natürliche Dämme entstehen. Durch diese kontinuierliche Materialaufschüttung geht zudem eine Erhöhung des Flussbettes einher, wodurch der Fluss teilweise über der eigentlichen Talsohle verläuft. Der Hauptfluss wird häufig von zahlreichen parallel verlaufenden Lahnbächen begleitet. Begünstigt wird eine derartige Ausformung des Gewässerlaufes durch eine geringe Fließgeschwindigkeit sowie durch das Vorhandensein dichter Ufervegetation, welche zusätzlich die Geschwindigkeit verringert (vgl. WEIDEVEREIN RAMSARGEBIET LAFNITZTAL, o.J.).

Aufgrund des natürlichen Charakters der Lafnitz und dessen Erhaltungswürdigkeit wurden drei Europäische Naturschutzprogramme erfolgreich umgesetzt. In den Jahren 2003 bis 2007 wurde ein LIFE Natur Projekt " Lafnitz - Lebensraumvernetzung an einem alpin-pannonischen Fluss“ durchgeführt. Im Zuge dessen wurden Verbesserungsmaßnahmen zur Gewässervernetzung und zum passiven Hochwasserschutz, Strukturverbesserungen sowie die Herstellung des Fließgewässerkontinuums bewirkt (vgl. WEIDEVEREIN RAMSARGEBIET LAFNITZTAL, o.J.).

Zusätzlich wurde die Lafnitz als Ramsar-Gebiet ausgewiesen. Dies stellt ein *„Übereinkommen zum Schutz von Feuchtgebieten insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel von internationaler Bedeutung“* dar (OBERLEITNER, 2006, S.7).

Im Zuge dessen soll das Flächenausmaß sowie die Qualität der vorhandenen Feuchtgebiete sichergestellt werden. Bezug genommen wird zudem auf eine entsprechende ausgewogene Nutzung der Flächen (vgl. OBERLEITNER, 2006).

Nach Angaben des WWF befinden sich rund 79 % des Flusslaufes in Schutzgebieten, lediglich 1,8 % der verbleibenden Fließstrecke fällt unter die Kategorie "noch zu schützend" (UMWELTVERBAND WWF ÖSTERREICH, o.J.).

So gilt der gesamte burgenländische Bereich der Lafnitz als ausgewiesenes Natura-2000-Gebiet. Bewirkt werden soll dadurch der langfristige Erhalt von sich selbsterhaltenden Populationen beziehungsweise eines vorhandenen Schutzgutes (vgl. WOSCHITZ und WOLFRAM, 2012).

3.4 Pinka

Die Pinka ist ein mittelgroßer Fluss, welcher im steirischen Niederwechselgebiet entspringt und ähnlich der Lafnitz im Südosten Österreichs verläuft. Die Quelle befindet sich in etwa auf 1480 m Seehöhe, bis zur Mündung senkt sich diese auf 205 m (vgl. KILIAN et al., 1994).

Der eigentliche Fluss bildet sich aus den beiden Quellbächen Pinkabach und Hundsmühlbach. In Folge verläuft die Pinka überwiegend in südöstlicher Richtung, lediglich im Bereich von Kohfidisch/Kotezicken bewirkt eine Hügelkette eine Richtungsänderung nach Osten (vgl. AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2006). Die überwiegende Talform im Oberlauf, nördlich von Pinkafeld, ist das Sohlental mit teilweise stark variierenden Talbodenbreiten (vgl. EBERSTALLER et al., 2002). Im weiteren Flussverlauf flacht sich das Umland ähnlich der Lafnitz ab. Lediglich zwischen der Gemeinde Burg und der Staatsgrenze fließt die Pinka durch zwei Schluchtstrecken (vgl. AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2006). Dieser Bereich kann zugleich als Übergang zwischen dem Mittel- und Unterlauf angesehen werden und wird als südburgenländische Schwelle bezeichnet. Diese stellt eine Engtalstrecke mit natürlichem Gewässerverlauf dar, welcher von Auwaldgehölzen in direkter Gewässernähe und steilen Hangwäldern im weiteren Umland umgeben ist (vgl. NATURSCHUTZBUND, 2014).

In diesem Bereich münden zudem wichtige Zubringer ein, welche die Abflussmenge merkbar vergrößern. Zu nennen sind der Tauchenbach sowie der Erlbach (vgl. AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2006). Schlussendlich erreicht die Pinka die ungarische Tiefebene und mündet nach 94 km in Ungarn bei Körmed in die Raab (vgl. KILIAN et al., 1994).

Die Grenzstrecke zwischen Ungarn und Österreich ist Teil des grünen Bandes Europas (vgl. AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2006). Dieses Biotopverbundsystem zählt mitunter zu den größten der Welt. In Gesamtheit betrachtet befinden sich derzeit rund 33 % des Flusslaufes der Pinka in Schutzgebieten. Der Bedarf weiterer zu schützender Abschnitte würde sich auf zusätzlich 6 % belaufen (UMWELTVERBAND WWF ÖSTERREICH, o.J.).

Mit zunehmendem Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche speziell in der Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg wurden zahlreiche Regulierungen an der Pinka durchgeführt. Hierfür wurden vielerorts

ursprünglich auftretende Auwälder gerodet. Dadurch wurde das ursprünglich mäandrierende Bachbett und somit die Flusscharakteristik fast vollständig verändert. Im Besonderen wurde die Linienführung begradigt sowie das gesamte Flussprofil anthropogen überformt. Auf Grund dessen verringerte sich der Flusslauf, wodurch zusätzliche Einbauten wie Sohlstabilisierungen notwendig wurden (vgl. EBERSTALLER et al., 2002). Im Bereich größerer Siedlungsgebiete des Mittellaufes kann diese Situation häufig beobachtet werden. Speziell im Bereich um Oberwart bestehen fast durchgehend Hochwasserschutzdämme, die das Flussbett stark einengen. Im dichter bebauten Gebiet werden hauptsächlich Steinmauern vorgefunden. Diese sind stellenweise einige Meter hoch und kanalisieren förmlich den Gewässerlauf (siehe Abbildung 18). Pflanzlicher Bewuchs kann lediglich in den Mauerfugen beziehungsweise oberhalb der Mauern auftreten.

Abbildung 18: Gewässerabschnitt der Pinka in Oberwart; 26.05.2013

Der Abfluss der Pinka wurde ermittelt anhand vorhandener Daten des Hydrographischen Jahrbuches 2013. Die Werte stellen den durchschnittlichen Abfluss in m³/s über das Jahr 2013 an unterschiedlichen Messstellen dar (Tabelle 3).

Tabelle 3: Durchschnittliche Abflussmenge der Pinka im Jahr 2013 an unterschiedlichen Messstellen;
Quelle: AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014

Mittlere Abflussmenge 2013	*Messstation*
1,38 m³/s	Pinkafeld
1,67 m³/s	Oberwart
4,26 m³/s	Burg
4,17 m³/s	Moschendorf

Im Jahr 2013 wurde durch die geographische Nähe der Pinka eine ähnliche Abflusssituation wie an der Lafnitz beobachtet, mit hohen Pegelständen im Frühjahr und geringen im Sommer.

4 Untersuchungsmethoden

Nach Festlegung des Untersuchungsgebietes auf die beiden Flüsse Lafnitz und Pinka und dem Ziel die Strahlungssituation entlang dieser zu erheben, musste durch die Verfasser eine speziell für diese Problemstellung angepasste Methodik erarbeitet werden. Diese setzt sich aus notwendigen Vorarbeiten, der Datengewinnung im Felde sowie der Nachbearbeitung und Analyse zusammen. Im folgenden Kapitel wird auf die einzelnen Punkte ausführlich eingegangen, um für weitere Versuche auf diesem Gebiet eine nachvollziehbare Vorgehensweise bereitzustellen.

4.1 Grundlagen zur Erhebung / Vorarbeiten

4.1.1 Festlegung der Varianten zur Bestimmung der Messstellen

Da die beiden Flussläufe von Pinka und Lafnitz in Summe eine Länge von über 200 km aufweisen, wurde der Auswahl der Untersuchungsabschnitte ein spezielles Augenmerk gewidmet. Dazu war es notwendig repräsentative Abschnitte auf den Flussläufen zu ermitteln, die in weiterer Folge genauer untersucht werden konnten.

In Anlehnung an den Gedanken, dass Bereiche, die über eine ähnliche Flussbreite, Exposition und Ufervegetation verfügen, annähernd gleiche Einstrahlungsergebnisse liefern, sollten Rückschlüsse auf die Gesamtsituation möglich sein.

Um repräsentative Untersuchungsbereiche an den Flussläufen zu bestimmen, wurden im Vorfeld diesbezüglich drei verschiedene Ansätze geprüft. Bei allen Ansätzen wird die Entscheidung der Lage der Aufnahmestellen mitunter durch Erreichbarkeit und eindeutige Identifikation beeinflusst. Dies gewährleistet, dass ein und derselbe Punkt mehrmals im Jahresverlauf, entsprechend der Zielsetzung, aufgefunden werden kann. Des Weiteren sollen diese Abschnitte den Flussverlauf bestmöglich beschreiben, sowie deren vorhandene Vegetation und gewässermorphologische Ausprägung berücksichtigen.

Um eine durchgehende Beschreibung der Flussläufe zu erhalten, dienten Orthofotos als Hilfestellung, welche durch das Amt der Burgenländischen Landesregierung zur Verfügung gestellt wurden.

Variante 1 - Auswahl der Messstellen nach visuellen Gesichtspunkten

Bei dieser Variante werden folgende Kriterien für die Festlegung der Aufnahmestellen herangezogen, wobei der Fokus auf die Verteilung der Vegetation entlang der Flussläufe gelegt wird.

Ufersaumkategorie:

- **kein Ufersaum**
  kein ausgeprägter Ufersaum erkennbar, lediglich Bestehen krautiger Vegetation entlang der Gewässerrinne. Der Gewässerkörper wird nicht oder nur geringfügig durch die Vegetation beschattet.
- **schmaler Ufersaum**
  Ufersaum bestehend aus einer oder mehreren Reihen von Bäumen oder Sträuchern mit einer Gesamtbreite von bis zu 20 m.
- **breiter Ufersaum**
  Ufersaum bestehend aus mehreren Baum- oder Strauchreihen mit einer Gesamtbreite von mehr als 20 m bis maximal 50 m.
- **Wald**
  Ufersaum gekennzeichnet durch waldähnliche Strukturen, die breiter als 50 m sind, gemessen von der Uferkante aus.

Ausprägung des Gewässerlaufes:

Im Untersuchungsgebiet kommen häufig die Flusstypen des gestreckten, gewundenen Verlaufes sowie Mäanderbereiche vor (siehe Kapitel 2.1, S. 10). Weiterführend werden die Flusstypen als gerade (gestreckt), gewunden sowie mäandrierend bezeichnet.

- **gerader Verlauf**
  überwiegend fließt der Fluss gerade, wenige Richtungsänderungen im betrachteten Bereich
- **gewundener Verlauf**
  diverse Richtungsänderungen im Bereich, beziehungsweise langgestreckte Gewässerbögen
- **mäandrierender Verlauf/Furkationsbereiche**
  gekennzeichnet durch zahlreiche Richtungsänderungen in unmittelbarer Abfolge, zahlreiche Kiesbänke, breite und schmale Gewässerbereiche
- **anthropogen stark beeinflusst**
  Gewässerlauf geprägt durch Schleusen, Fischaufstiegshilfen, Kleinkraftwerke, harte Verbauung entlang der Ufer oder darüber gebauter Brücken.
- **besondere Ausprägung**
  in Breite, in Wassermenge oder betreffend des Flussbett

Exposition

Für eine weitere Unterscheidung und Verortung der Untersuchungsabschnitte, die visuell anhand der zur Verfügung gestellten Luftbilder getroffen wurden, diente die Exposition der Flussläufe. Dies geschah, da es in unterschiedlich exponierten Bereichen zu geänderten Einstrahlungsintensitäten kommen kann. Als Einteilungsgrundlage diente eine übliche Kompassrose, welche in die vier Haupthimmelsrichtungen, die vier Nebenhimmelsrichtungen

sowie in die Sechzehntel-Einteilungen gegliedert ist (Abbildung 19). Zudem erhält man dadurch Informationen betreffend der Exposition der Ufer. Wenn zum Beispiel der Fluss Richtung Süd-Süd-Ost fließt, blickt das linke Ufer nach West-Süd-West und das Rechte nach Ost-Nord-Ost.

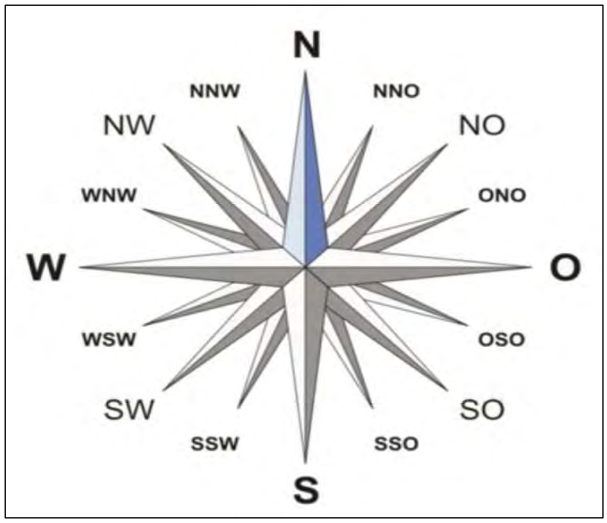


Abbildung 19: Kompassrose zur Expositionsbestimmung;
Quelle: WIKIPEDIA, 2013

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass weitestgehend alle Kombinationsmöglichkeiten der Ufervegetation mit einer überschaubaren Anzahl an Aufnahmestellen, circa 45 - 50 Stück pro Fluss, abgedeckt werden können.

Variante 2 - Unterteilung der Flussläufe in gleiche Längsabschnitte

Die Flussläufe wurden bei dieser Vorgehensweise in gleich lange Segmente unterteilt. Die einzelnen Segmente werden beginnend bei der Quelle bis zur Staatsgrenze zu Ungarn definiert. Jedes dieser Segmente verfügt über eine gewisse Anzahl an Aufnahmestellen. Diese werden so gewählt, dass sie das Segment, in dem sie sich befinden, so gut wie möglich repräsentieren. Besteht ein Segment beispielsweise lediglich aus einer Mäanderstrecke mit dichtem Uferbewuchs auf beiden Seiten, so werden die Messstellen in solche Bereiche gelegt. Ist ein Segment in seiner Beschaffenheit sehr differenziert, so werden diese entsprechend der dominanten Strukturen bestimmt.

Nachteil dieser Methode ist, dass bei stark ausdifferenzierten Abschnitten einzigartige Kombinationen nur bei einer sehr großen Anzahl an Aufnahmen berücksichtigt werden können. Damit verbunden ist jedoch ein wesentlich größerer zeitlicher Aufwand.

Variante 3 - Klassenbildung anhand definierter Parameter

einreihig	Ufersaum bestehend aus einer Reihe von Bäumen
lückenhaft einreihig	lückenhafte einreihige Baumreihe als Ufersaum (Lücken weniger als 50% der Länge)
stark lückenhaft einreihig	stark lückenhafte einreihige Baumreihe als Ufersaum (Lücken mehr als 50% der Länge)
mehrreihig	Ufersaum bestehend aus mehreren Baumreihen
lückenhaft mehrreihig	lückenhafter mehrreihiger Baumbestand
stark lückenhaft mehrreihig	stark lückenhafter mehrreihiger Baumbestand (Lücken mehr als 50% der Länge)
einreihig Strauch	Ufersaum bestehend aus einer Reihe von Sträuchern
lückenhaft Strauch	lückenhafte einreihige Strauchreihe als Ufersaum (Lücken weniger als 50% der Länge)
stark lückenhaft Strauch	stark lückenhafte einreihige Strauchreihe als Ufersaum (Lücken mehr als 50% der Länge)
mehrreihiger Strauch	Ufersaum bestehend aus mehreren Strauchreihen
lückenhaft mehrreihig Strauch	lückenhafter mehrreihiger Strauch Ufersaum
stark lückenhaft mehrreihig Strauch	stark lückenhafter mehrreihiger Strauch Ufersaum
Wald	durchgehend bestockte Fläche größer gleich 50m Breite
kaum Vegetation	keine eindeutige Identifikation als Baum oder Strauch max. Krautige Vegetation
unterirdisch	maximale Beschattung/ kein Ufersaum da Gewässerverlauf unterirdisch
mehrreihig Strauch/Baum	breiter Ufersaum bestehend aus Sträuchern und Bäumen
lückenhaft mehrreihig Strauch/Baum	breiter Ufersaum bestehend aus Sträuchern und Bäumen (Lücken weniger als 50% der Länge)
stark lückenhaft mehrreihig Strauch/Baum	breiter Ufersaum bestehend aus Sträuchern und Bäumen (Lücken mehr als 50% der Länge)

Bei dieser Variante zur Definition von Messstellen kommt eine Gis - Auswertung zum Einsatz. Die Flussläufe werden in eine Vielzahl von Segmenten unterteilt und längenmäßig erfasst. Dabei können sämtliche Kombinationen von den oben genannten Parametern auftreten. Unterscheidet sich ein Parameter, bedeutet dies, dass ein neuer Abschnitt definiert wird. Als Ergebnis sind so beide Gewässerverläufe kartographiert und deren Uferbegleitvegetation anhand der oben genannten Parameter in Klassen eingeteilt.

In Folge werden über den gesamten Gewässerverlauf die Ufervegetation und deren jeweilige Zusammensetzung mengenmäßig erfasst. Entsprechend des Anteils werden dann die Aufnahmestellen in ihrer Häufigkeit in diese Gewässerbereiche gelegt. Durch die Gewichtung werden die Messpunkte jedoch so gelegt, dass unterrepräsentierte Vegetationskombinationen stark vernachlässigt würden. Lediglich durch eine stark erhöhte Stichprobe könnte dies umgangen werden.

4.1.2 Gewählte Variante 1

Um eine repräsentative Auswahl an Messstellen entlang der beiden Flussläufe zu treffen, sollte sich diese auf gewonnene Erkenntnisse aller Varianten stützen. Bei einer Gesamtlänge der Flussläufe von mehr als 200 km und der gegebenen Strukturvielfalt der Ufersäume erwies sich diese Vorgehensweise jedoch als ungeeignet. Bei der vorliegenden Arbeit wurde entsprechend der Eignung, schnelleren und leichteren Anwendbarkeit die Variante 1 „Auswahl der Messstellen nach visuellen Gesichtspunkten“ gewählt. Dies geschah mitunter dadurch, da eine große Anzahl an Messstellen gewünscht war und die Entscheidung aufgrund des Vorhandenseins aktueller hochaufgelöster Orthofotos erleichtert wurde. Diese Aufnahmen ermöglichten eine gute Erkennbarkeit der vorherrschenden Strukturen.

4.1.3 Bestimmung der Messstellen

Für die Erhebung der Beschattungssituation der beiden Flussläufe von Pinka und Lafnitz mittels hemisphärischer Fotografien wurden in Summe 95 Aufnahmestellen bestimmt. Diese werden in weiterer Folge als Transekte bezeichnet und beinhalten die umliegenden Uferbereiche. Die folgende Abbildung 20 zeigt deren Lage.

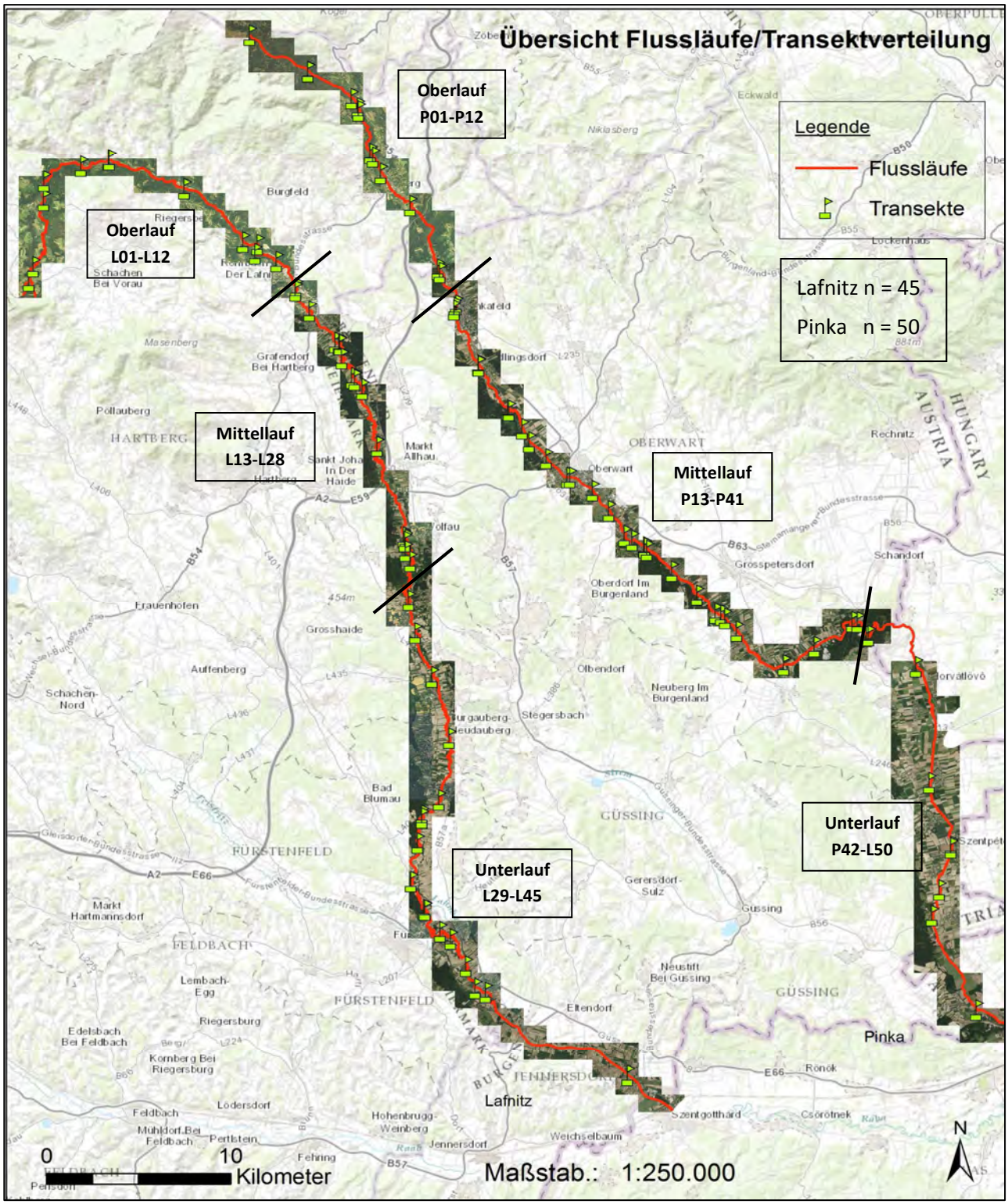


Abbildung 20: Flussläufe von Lafnitz und Pinka inklusive Transektvermarkung sowie Unterteilung in Ober-, Mittel- und Unterlauf; ARCGIS – Kartenauszug, 2013

Für die Lafnitz wurden in Summe 45 Transekte gewählt, die Pinka wurde mit 50 Transekten beschrieben. Die größere Stichprobe an der Pinka ergibt sich aufgrund der Abgleichung mit bestehenden Referenzmessstellen des Projektes LowFlow+ (VEREIN ÖKOENERGIELAND, 2013) im Grenzbereich zwischen Ungarn und Österreich, wodurch mehr Aufnahmen nötig wurden. Die Verteilung über die Flussläufe wird in Abbildung 20 (S. 36) veranschaulicht.

Die restlichen Transekte wurden nach Variante 1 – Kapitel 4.1.1 (S. 32) gewählt. Dadurch wurden Transekte sowohl im Ober-, Mittel- und Unterlauf annähernd gleich über den Längsverlauf der beiden Flüsse definiert und untersucht. Berücksichtigung fanden dabei auch Stellen im Flusslauf, an welchen bereits vorangegangene Untersuchungen im Rahmen des Projektes BIO_CLIC von der Universität für Bodenkultur Wien durchgeführt wurden. Diese betreffen jedoch nicht die Strahlungsermittlung sondern vegetationsbezogene Aspekte (vgl. MALLINGER, 2014 und JACHS, 2014). Trotz bestehender Informationen an diesen Stellen kam dieselbe Daten-erhebungsmethode zur Anwendung, welche in den folgenden Kapiteln erläutert wird.

4.1.4 Ausformung der Messstellen als Transekte

Für die naturräumliche Kartierung des Untersuchungsgebietes sowie für Erhebung der Strahlungsdaten mittels hemisphärischen Fotografien werden an den definierten Messstellen Transekte gebildet. Für die folgende Arbeit wurde einem Transekt ein kleiner Abschnitt des Gewässerlaufes zugewiesen. Zusätzlich werden die Übergangsbereiche zwischen dem Wasserkörper in Form der Böschung sowie angrenzende Bereiche der umliegenden Ufervegetation mit einbezogen. In folgender Abbildung 21 wird der Aufbau eines Transektes anhand des Grundrisses sowie eines Schnittes grafisch dargestellt.

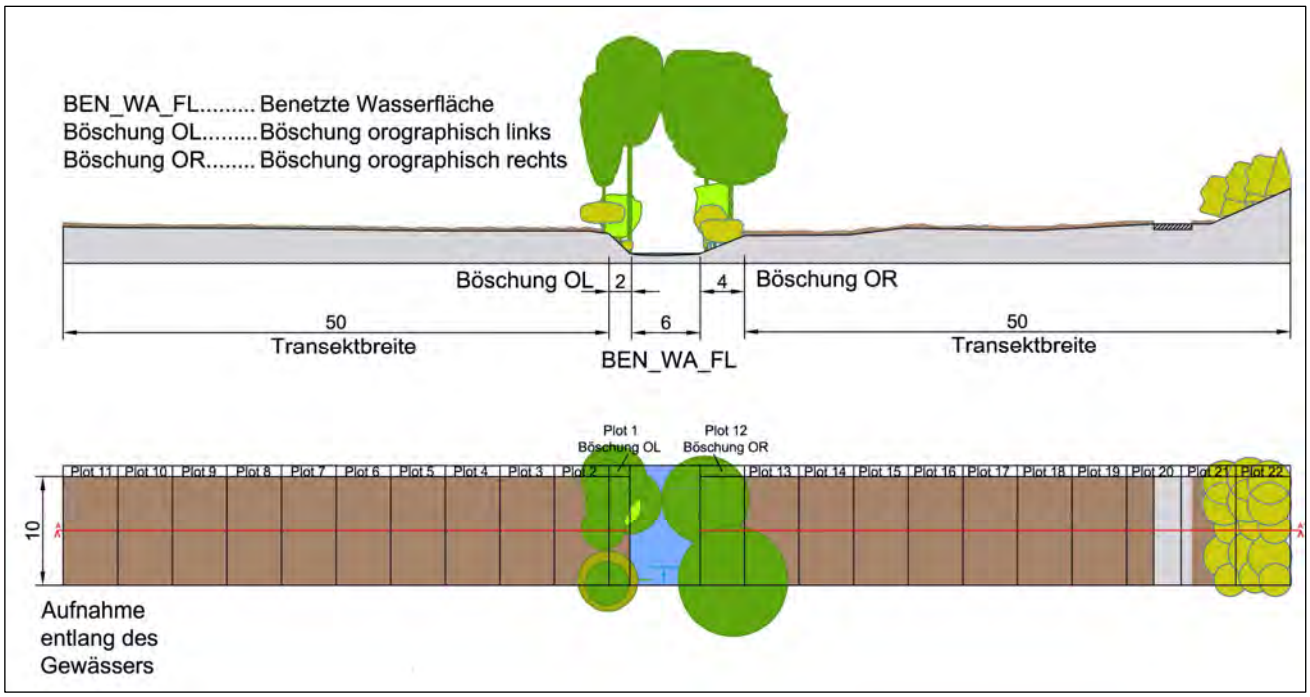


Abbildung 21: Transektschema, Schnitt und Draufsicht. Angaben in m; AUTOCAD, 2013

Die Transektbreite lässt sich folgend berechnen. (Abkürzungen laut Abbildung 21, S.37)

BEN_WAFL + Böschung OL + Böschung OR + (∑ PLOT 2 - PLOT 11) + (∑ PLOT 13 - PLOT 22) = Breite

Demnach setzt sich die Gesamtbreite eines Transektes aus der benetzten Wasserfläche plus der beidseitigen Böschungsbreite sowie dem beidseitigen Ufersaum mit 50 m zusammen. Dies kann anhand der Sonnenstände am 21. Juni im Projektgebiet begründet werden (Siehe Kapitel 4.4.1, S.54). Aufgrund der Erfahrung, dass um 08.00 Uhr beziehungsweise 18.00 Uhr ein 30 m hoher Baum bereits einen rund 50 m breiten Schatten werfen kann, wurde die Transektbreite mit eben diesen 50 m plus der Breite der Böschung veranschlagt. Die geworfene Schattenläge eines 30 m hohen Baumes zu unterschiedlichen Tageszeiten wird schematisch in folgender Abbildung 22 dargestellt.

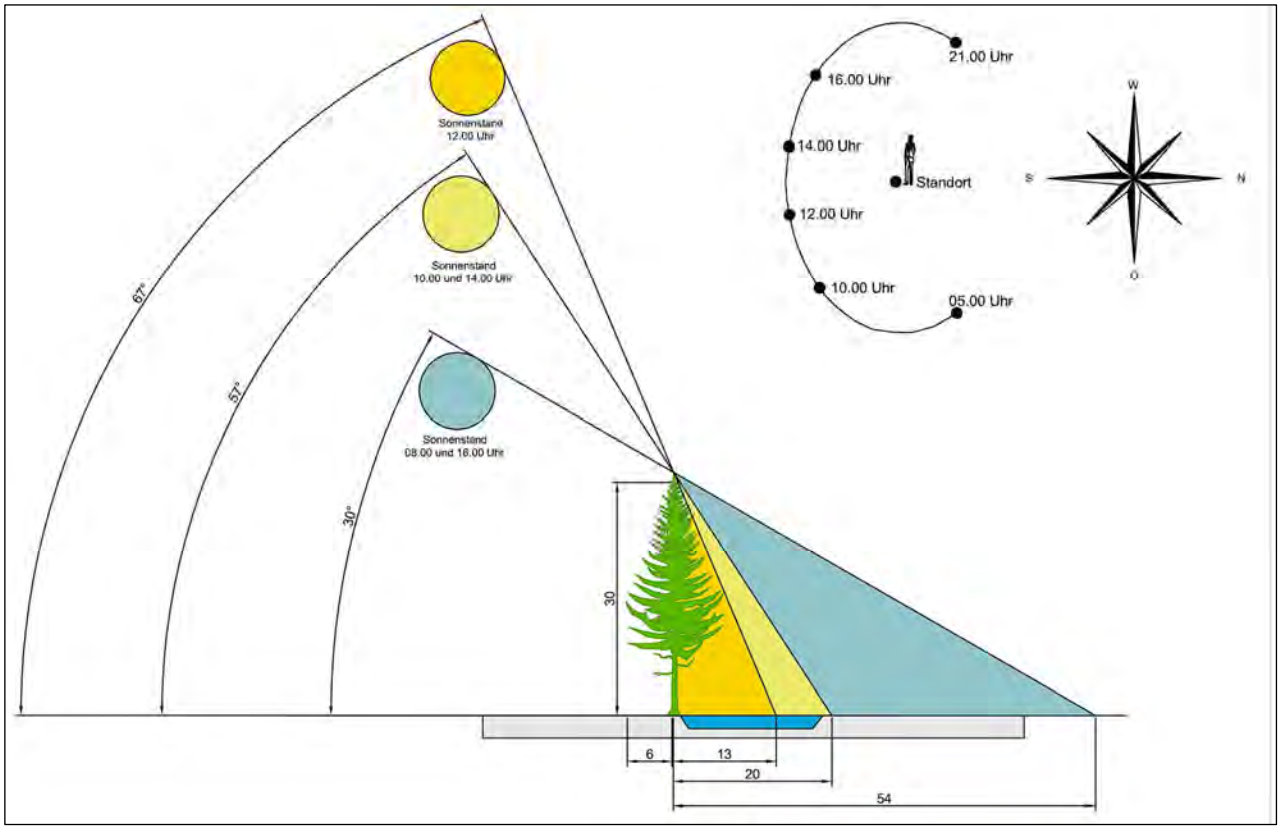


Abbildung 22: Schematischer Sonnenstand für den 21. Juni in Markt Allhau (Burgenland) sowie die Länge des möglichen Schattenwurfes eines 30 m hohen Baumes, Angaben in m; AUTOCAD, 2013

Die Aufnahmebreite entlang des Gewässers beträgt 10 m und entspricht der Transektbreite. An den gewählten Transekten wird jegliche Vegetation sowie die Flussmorphologie bestimmt und verzeichnet. Um die Vegetation leichter kartieren zu können, wurde jeder Transekt weiter in einzelne Bereiche unterteilt. Diese wurden als Transekt - Plots betitelt. Dies hat den Vorteil, dass bei einer späteren Auswertung jeder Plot einzeln betrachtet und verglichen werden kann. Die Plotgröße beträgt 5 x 10 m. Lediglich Plot 1 und 12 haben eine veränderbare Breite, da sie die

beiden Gewässerböschungen darstellen (Abbildung 21, S. 37). Diese variable Breite resultiert aus der Definition der Böschungsoberkante, welche die Böschung von den anschließenden Plots trennt.

Aufgrund der sich stets veränderten flussmorphologischen Ausprägung und der Schwierigkeit die natürliche Situation immer gleich zu beschreiben, wird die Böschungsoberkante (BOK) folgend definiert. Diese befindet sich dort, wo eine - ausgehend von der Wasseranschlagskante - signifikante Änderung der Böschungsneigung erstmalig erkennbar ist (siehe Abbildung 23).

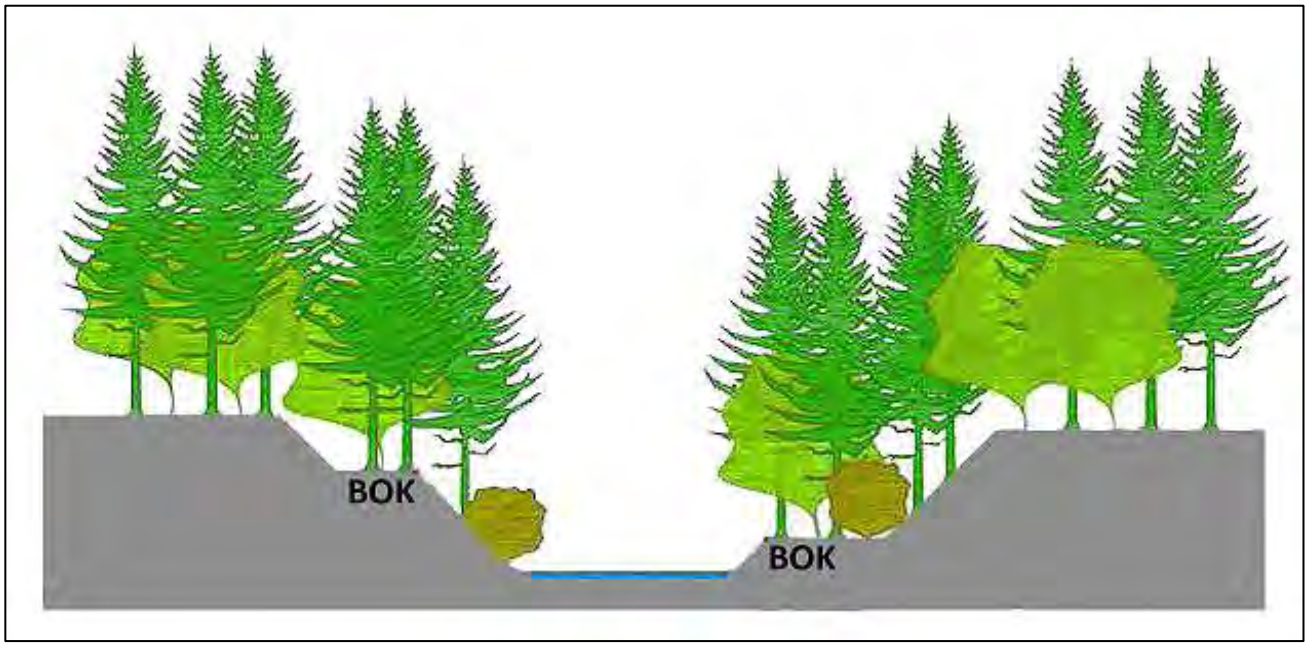


Abbildung 23: Definition der Böschungsoberkante (BOK); AUTOCAD, 2013

Wird aufgrund eines fehlenden signifikanten Geländesprungs keine BOK bei den Vegetationsaufnahmen definiert, so beginnt Plot 2 beziehungsweise Plot 13 direkt an der Wasseranschlagskante. In den anderen Fällen, bei denen eine BOK visuell festgestellt werden konnte, beschreibt Plot 1 sowie Plot 12 (siehe Abbildung 21, S. 37) die Böschungsbreite des jeweiligen Ufers. Sämtliche weitere Vegetationsaufnahmeplots sind durch diese Einteilung lediglich in ihrer Entfernung von der Wasseranschlagskante betroffen.

Dadurch werden zwei Vegetationsböschungsplots erzeugt, welche in ihrer Flächenausdehnung auf eine feste Breite von 10 m beschränkt sind, jedoch eine variable Länge in Richtung Umland aufweisen können. Dadurch wird es ermöglicht, die variablen Gegebenheiten vor Ort gut zu beschreiben.

Erklärend beschreibt ein Plot 1 bei fehlender BOK einen Bereich von 5 x 10 m direkt im Anschluss an die Gewässeranschlagskante. Durch die genaue Erhebung der Böschungsausprägung mittels Höhe, Breite und Neigung lassen sich die darauf folgenden Plots verorten.

4.2 Zeitrahmen und Datenerhebung im Felde

Die notwendigen Tätigkeiten zur Erhebung der Daten an den Flüssen Lafnitz und Pinka wurden im Laufe des Jahres 2013 durchgeführt, was in der folgenden Tabelle 4 grob dargestellt wird.

Tabelle 4: Zeitlicher Rahmen der Datenerhebung im Felde, 2013

Monat	Tätigkeiten
Februar	Erste Begehungen, Auspflocken, Verorten mittels GPS
März	Hemisphärische Aufnahmen (Winter)
April	Nach- und Vorarbeiten
Mai	Aufnahmen der Vegetation und der Gewässermorphologie
Juni	Nach- und Vorarbeiten
Juli	Hemisphärische Aufnahmen (Sommer)
August	Hemisphärische Aufnahmen (Sommer)

Um die gewählten Transekte vor Ort schneller auffinden zu können, wurden Übersichtskarten sowie Anfahrtspläne erstellt, welche beginnend bei Transekt Nummer eins des jeweiligen Flusses, alle weiteren Transekte chronologisch und anhand einer gedachten Route auflistet. Hierbei wurden, falls vorhanden, Straßennamen beziehungsweise Hausnummern sowie markante Stellen als Anhaltspunkte verwendet. Somit konnten die einzelnen Transekte zeitsparend und effektiv angefahren werden. Nachstehend ein Auszug aus dem Anfahrtsplan für einige Transekte an der Lafnitz (siehe Abbildung 24).

Lafnitz Transekte

	Beschreibung der Erreichbarkeit per PKW / Zugangs - Möglichkeiten / Anhaltspunkte
	Folgende Transekte werde aus nördlicher Richtung flussab der Lafnitz angefahren - Trennung ausgehend der Nähe zur Gemeinde Markt Allhau
1	8250, Vornholz 122 - Transekt 50 m neben dem Haus
2	8250, Vornholz 57 - Transekt 200 m flussaufwärts
3	8254 Sichart , Nr. 4 - Walbacherstraße 1 km nach Norden bis links Einbuchtung kommt (vor der Brücke)
4	wie 3, weiter 1km auf Walbacherstraße bis Einbuchtung links
5	8253 Arzberg, Nr. 155 - rechts abbiegen dann über Brücke auf Kläranlageweg
6	8252 Mönichwald, Nr. 12 - in 200m in den Sulzgrabenweg parken
7	8252 Mönichwald, Nr. 12 - in 200m in den Sulzgrabenweg parken
8	8251 Sankt Lorenzen am Wechsel, Nr. 91 - bei Haus in Nebenstraße einbiegen - parallel zu Walbacherstraße 400m
9	8234 Schlag bei Thalberg, Nr. 39 - 100m vor Adresse parken
10	bei 9 vorbei ca. 600m - parken kurz nachdem der Fluss die Straße unterquert
11	bei 10 vorbei ca. 300m - nach Brücke (Fluss unterquert Straße) parken
12	8234 Schlag bei Thalberg, Koglerau 26 - Transekt unmittelbar nach Eisenbahnbrücke

Abbildung 24: Auszug aus dem Anfahrtsplan für einige Transekte an der Lafnitz; EXCEL, 2013

Um die Eignung der Transektstellen zu überprüfen, wurde diese vor Ort begutachtet. Da nicht alle Transekte ohne zusätzliche Ausrüstung zugängig waren, mussten manche geringfügig verlegt werden (Abbildung 25, S. 41). Sofern diese den gewünschten Vorgaben tatsächlich entsprachen, wurden sie durch Holzpflöcke und Farbmarkierungen an der Vegetation (Abbildung 26, S. 41) gekennzeichnet, um ein späteres Auffinden zu gewährleisten. Zudem wurde mittels eines handelsüblichen GPS Gerätes deren genaue Lage erfasst sowie die endgültige Verortung und Ausrichtung in Luftbildübersichtskarten vorgenommen (siehe Anhang – Daten DVD).

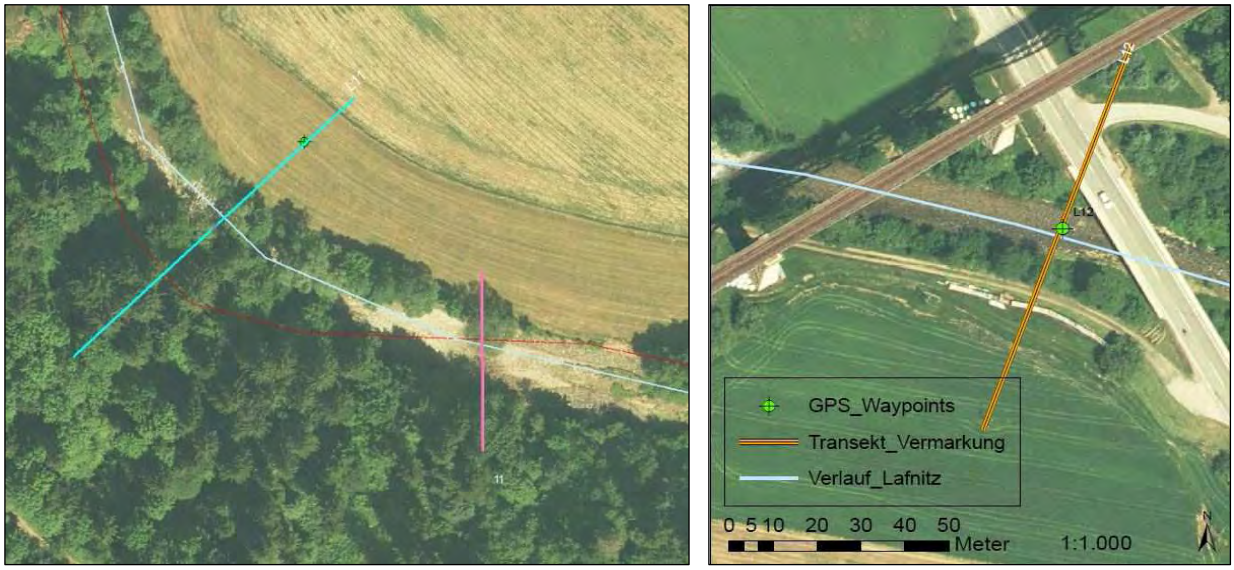


Abbildung 25: Notwendige Lageverschiebung eines Transektes (links) sowie endgültige Positionierung und Ausrichtung am Beispiel des Transektes Lafnitz 12; ArcGis, 2013

Abbildung 26: Kennzeichnung der Transekte mittels Holzpflock (links) und Farbmarkierung (rechts) am Beispiel von Lafnitz 01, Gemeinde Vornholz bei Vorau (links) sowie Lafnitz 8, Gemeinde Sankt Lorenzen (rechts); 09.07.2013

Unter der Maßgabe, dass die beschattende Wirkung der Uferbegleitvegetation ermittelt werden soll, kommen an diesen Stellen zwei separate Erhebungsmethoden zur Anwendung. Einerseits werden alle vegetationsrelevanten, topographischen sowie morphologischen Daten erhoben, die strahlungswirksam auf den Gewässerkörper wirken können. Andererseits wird durch eine digitale Spiegelreflexkamera mit Fischaugenobjektiv der Himmelskörper oberhalb der Wasserfläche des Gewässers abfotografiert um Solarstrahlungsdaten zu gewinnen.

Jede Methode, für sich ein allein betrachtet, liefert aussagekräftige Daten über die Beschattung am jeweiligen Transekt. In Kombination gebracht können jedoch Rückschlüsse auf die Strahlungsmenge in Verbindung mit der jeweilig vorhandenen Vegetation gezogen werden. In weiterer Folge widmet sich dieses Kapitel der genauen Beschreibung der jeweiligen Aufnahmemethode.

4.2.1 Aufnahme der Vegetation sowie der topographischen und morphologischen Gegebenheiten

Um die Strahlungswerte, gemessen durch die Hemisphärischen Fotos, weiterführend erklären und deuten zu können, ist es notwendig folgende Parameter am Transekt zu erheben. Diese werden anhand der Abbildung 1 dargestellt.

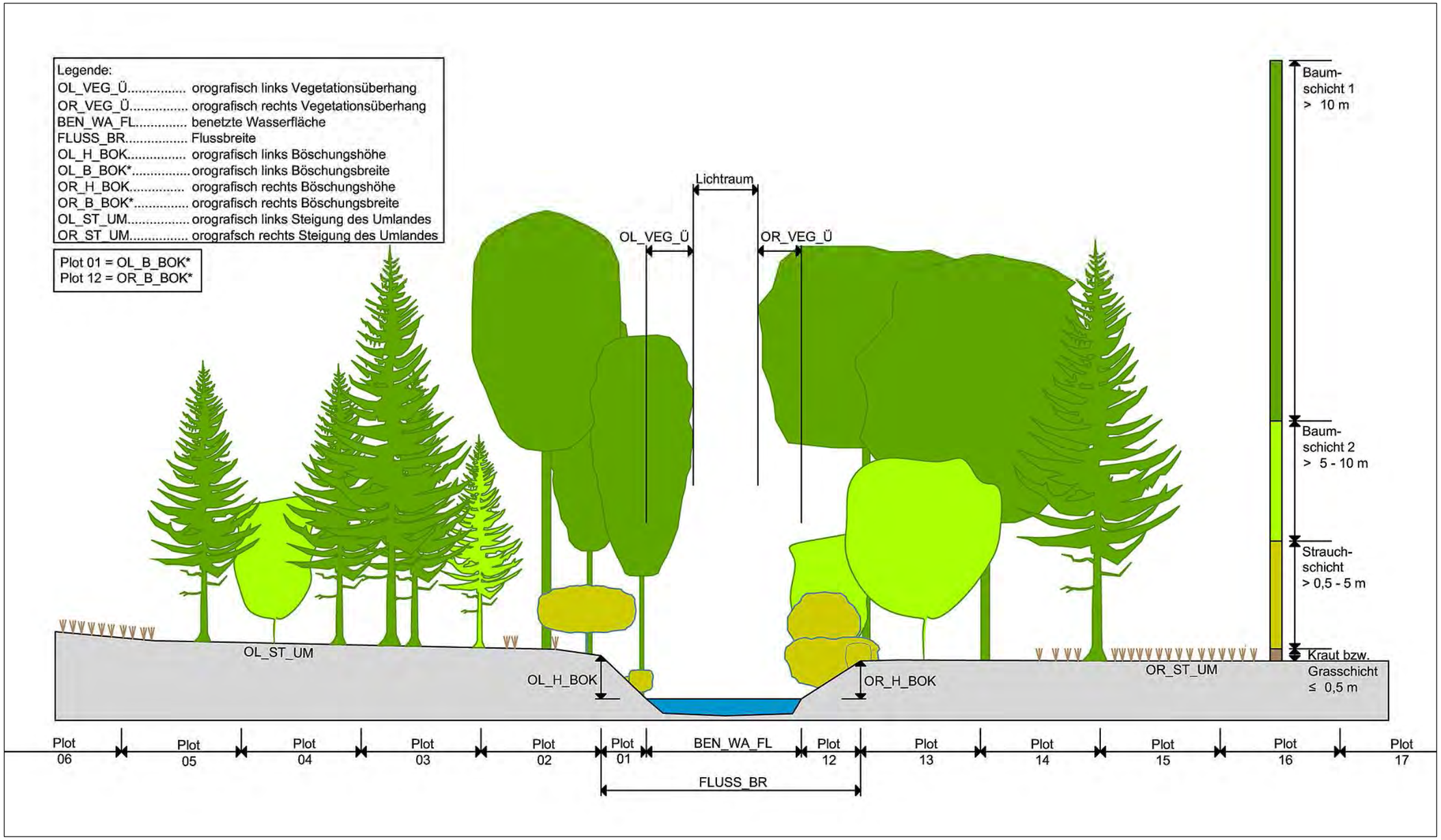
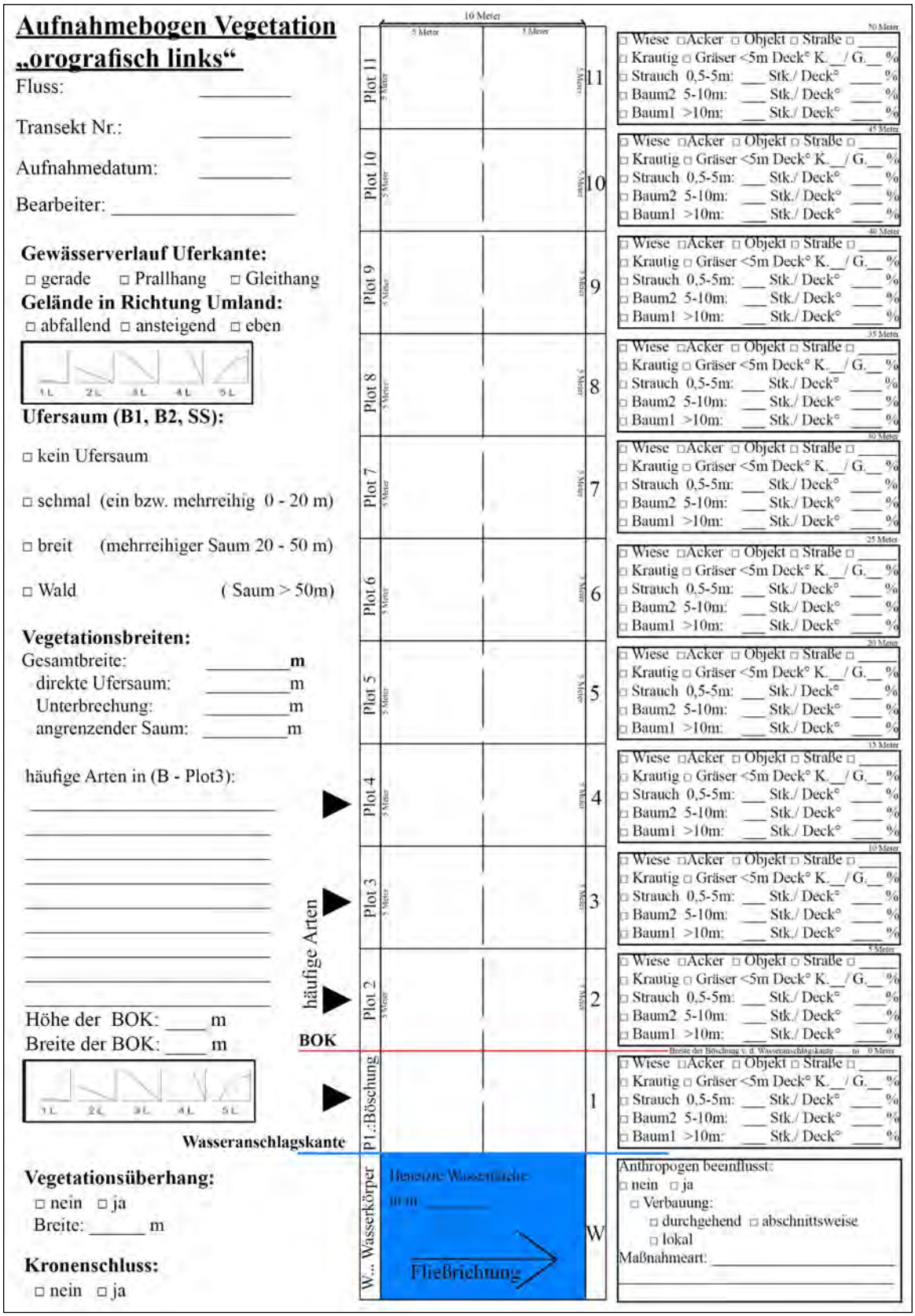


Abbildung 1: Aufnahmeschema der Vegetation für einen Teilbereich der Gesamttransektbreite, Unterteilung in Höhenschichten (Balken rechts); AUTOCAD. 2013

Um die zu erhebenden Daten bei den Aufnahmen im Untersuchungsgebiet vermerken zu können, wurde ein Aufnahmebogen erstellt in den die Werte eingetragen werden können.



Aufnahmebogen Vegetation „orografisch links“

Fluss: _____

Transekt Nr.: _____

Aufnahmedatum: _____

Bearbeiter: _____

Gewässerverlauf Uferkante:
□ gerade □ Prallhang □ Gleithang

Gelände in Richtung Umland:
□ abfallend □ ansteigend □ eben

1L 2L 3L 4L 5L

Ufersaum (B1, B2, SS):

□ kein Ufersaum

□ schmal (ein bzw. mehrreihig 0 - 20 m)

□ breit (mehrreihiger Saum 20 - 50 m)

□ Wald (Saum > 50m)

Vegetationsbreiten:
Gesamtbreite: _____ **m**
direkte Ufersaum: _____ m
Unterbrechung: _____ m
angrenzender Saum: _____ m

häufige Arten in (B - Plot3):

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Höhe der BOK: ____ m
Breite der BOK: ____ m

1L 2L 3L 4L 5L

Wasseranschlagskante

Vegetationsüberhang:
□ nein □ ja
Breite: _____ m

Kronenschluss:
□ nein □ ja

10 Meter
5 Meter 5 Meter

Plot 11	11	50 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 10	10	45 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 9	9	40 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 8	8	35 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 7	7	30 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 6	6	25 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 5	5	20 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 4	4	15 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 3	3	10 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
Plot 2	2	5 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
P1.:Böschung	1	Breite der Böschung v. d. Wasseranschlag-kante ___ to 0 Meter	□ Wiese □Acker □ Objekt □ Straße □ _____ □ Krautig □ Gräser <5m Deck° K.__/ G.__ % □ Strauch 0,5-5m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum2 5-10m: ___ Stk./ Deck° ____ % □ Baum1 >10m: ___ Stk./ Deck° ____ %
W... Wasserkörper	W		Anthropogen beeinflusst: □ nein □ ja □ Verbauung: □ durchgehend □ abschnittsweise □ lokal Maßnahmeart: _____

häufige Arten

BOK

Benetzte Wasserfläche in m _____

Fließrichtung

Abbildung 28: Aufnahmebogen Vegetation orographisch links; INDESIGN, 2013

In Abbildung 28 (S. 43) wird der Aufnahmebogen Vegetation für die linken Uferseiten abgebildet. Für das orografisch rechte Ufer kommt ein gespiegelter Aufnahmebogen zum Einsatz (Anhang).

Zur leichteren Identifikation des jeweiligen Plots werden der Wasserkörper sowie die Böschungsoberkante farblich hervorgehoben. Mit steigender Plotnummer steigt auch die Entfernung vom Wasserkörper, wobei die Breite der Böschung berücksichtigt wird. Demnach befindet sich der am weitesten von der Wasseranschlagskante entfernte Plot in einer Entfernung von 50 m plus der Breite der Böschung. Bei sehr steilen Böschungen, die lediglich einige Zentimeter Breite aufweisen, werden entsprechend nur 50 m Ufersaum erhoben.

Jedem Plot wird auf der rechten Seite des Aufnahmebogens ein **eigenes Vegetationsfeld** zugewiesen, indem die **Anzahl sowie der Bedeckungsgrad (0 – 100 %)** der einzelnen Vegetationsschicht vermerkt werden. Die Stückzahl wird nur dann erhoben, soweit die Grundfläche des Plots tatsächlich bestockt ist.

Diese aufwändige Kartierung ist notwendig, um die aus den Strahlungswerten gewonnen Daten denen der Vegetation gegenüberstellen zu können. Die Einteilung der Vegetation nach deren Höhe in Kategorien lautet wie folgt (siehe Abbildung 27, S. 42, Höhenbalken rechts):

- Baum 1 (B1) Nadel oder Laubgehölz mit einer Höhe > 10 m
- Baum 2 (B2) Nadel oder Laubgehölz mit einer Höhe von > 5 m - 10 m
- Strauch (STR) Verholzende Vegetation mit einer Höhe von 0,5 m - 5 m
- Krautig, Gräser Nicht verholzende Kräuter und Gräser bis zu < 0,5 m Höhe

Betreffend des Bedeckungsgrades im Aufnahmebogen, abgekürzt durch Deck*, wird die gesamte Vegetation der jeweiligen Kategorie erhoben, auch wenn die Grundfläche nicht bestockt ist. Dabei wird die Abdeckung der Grundfläche in 5 % Schritten eingeteilt.

Um den Lichtraum an einem Transekt definieren zu können, ist es notwendig die Überschirmung des Wasserkörpers zu bestimmen. Diese Überschirmung setzt sich aus den beidseitigen **Vegetationsüberhängen** zusammen. Dabei wird ein gegebener Überhang ab der Wasseranschlagskante definiert. Der Lichtraum in Meter errechnet sich demnach aus:

Benetzte Wasserfläche - (Überhang linkes Ufer + Überhang rechtes Ufer) = Lichtraum

Optisch dargestellt in Abbildung 27 (S. 42) stellt der Lichtraum einen maßgeblichen Wert bei der Erhebung der Vegetation dar.

Ein **Kronenschluss** ist dann gegeben, wenn der gesamte Wasserkörper zumindest von einseitiger Vegetation überwachsen ist, beziehungsweise ein Vegetationsteil von linken oder rechten Ufer das jeweilig andere Ufer erreicht. Dabei spielt die Breite der Überschirmung keine Rolle. Diese Situation wird anhand der Abbildung 27 (S. 42) verdeutlicht. Hier besteht ein Kronenschluss, wenn der verbleibende Lichtraum 0 m beträgt. Die Uferseite, von dem der jeweilige Überhang ausgeht, hat keine Bedeutung.

Betreffend der Erhebung der **Artenzusammensetzung** in unmittelbarer Gewässernähe besteht die Möglichkeit unterhalb des Reiters "häufige Arten in B - Plot 3" häufig angetroffene Arten zu vermerken. Unter diesem Punkt sollen bis zu einer Entfernung von mindestens 15 m von der Wasser-

anschlagskante die visuell erhobenen, dominanten Arten vermerkt werden. Da bei größeren Gehölzstrukturen mit einer stärkeren Beschattung zu rechnen ist, wurde in der vorliegenden Arbeit der Schwerpunkt auf Arten der Strauch- und Baumschicht sowie auf besonders hoch wachsende Kräuter und Gräser gelegt.

Der **Neigungswinkel der Böschung und des Umlandes** werden anhand piktographischer Abbildungen visuell erhoben. Folgende Neigungskategorien lassen sich daraus ableiten: Kat 1: 0 - 18°; Kat 2: 19 - 36°; Kat 3: 37 - 54°; Kat 4: 55 - 72°; Kat 5: 73 - 90°. Die genaue Definition der Böschungsoberkante lässt sich durch deren Höhe, Breite und der soeben beschriebenen Neigung genau erklären.

Des Weiteren wird die **Ausformung der Uferkante** im Gewässerverlauf – unterschieden in Prallhang, Gleithang und gerader Verlauf – erhoben.

Da es sich bei Fließgewässersystemen um dynamische Ökosysteme handelt, beziehen sich alle erhobenen Daten in diesem Zusammenhang auf den Aufnahmezeitpunkt (siehe Tabelle 4, S. 40) und können sich im zeitlichen Verlauf ändern. Speziell betroffen sind die Böschungsoberkante, die benetzte Wasserfläche und der Lichtraum. Weniger stark unterliegen die Breite des Ufersaumes sowie die Verteilung und Beschaffenheit der Vegetation diesen zeitlichen Veränderungen.

Weiterführende Analysemethoden

Um alle Schichten der Vegetation sowie deren unterschiedliche Bodenabdeckung zu berücksichtigen, wurde eine **Vegetationszahl** erstellt. Hierfür wird die im Felde erhobene Bodenabdeckung pro Plot für jede Schicht in Prozent herangezogen und in eine Vegetationsmatrix eingetragen (siehe Tabelle 5). Aus diesen Werten wird ein Bedeckungsmittelwert für jeden Plot sowie weiterführend für das linke und rechte Ufer errechnet. Um beide Uferseiten zu berücksichtigen werden die Werte beider Ufer zu einer Vegetationszahl zusammen geführt. Da auch für diese Zahl eine Mittelwertbildung als Grundlage der Errechnung dient, kann maximal ein Wert von 100 % für einen Transekt erreicht werden.

Tabelle 5: Schema der Vegetationsmatrix zur Berechnung der Vegetationszahl für die gesamte Transektbreite; EXCEL, 2013

Vegetationsmatrix für Transekt .... - Gesamttransektbreite									
Linkes Ufer (OL)					rechtes Ufer (OR)				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*
1					*12*				
2					*13*				
3					*14*				
4					*15*				
5					*16*				
6					*17*				
7					*18*				
8					*19*				
9					*20*				
10					*21*				
11					*22*				
Gesamt OL					**Gesamt OR**				
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer =									
Vegetationszahl									

Bodenbedeckungswerte in %

ø aus B1, B2, STR

Bodenbedeckungswerte in %

ø aus B1, B2, STR

Ein Wert von 100 % besagt, dass in jeder Schicht an beiden Ufern sowie für alle Plots eine 100 %ige Bodenbedeckung gegeben ist. Um die Beschattungsleistung der böschungsnahen Bereiche der Ufervegetation bei einem höheren Sonnenstand in der Mittagszeit zu berücksichtigen, wird die Vegetationszahl auf Grundlage der Bodenbedeckung böschungsnaher Bereiche erstellt. Dementsprechend wird ein Wert über circa 22 m breite Bereiche (Tabelle 6), entsprechend der Sonnenstände zwischen 10 und 14 Uhr und den dadurch bedingten Schattenwurf (siehe Abbildung 22, S. 38), gebildet. Die genannte Breite ergibt sich aus 4 Plots mit jeweils 5 m Breite und der variablen Breite der Böschung, die über alle Transekte der Pinka und Lafnitz beidseitig im Durchschnitt 2 m beträgt.

Tabelle 6: Schema der Vegetationsmatrix zur Berechnung der Vegetationszahl für den Ufersaum bis 22 m von der Wasseranschlagskante; EXCEL, 2013

Vegetationsmatrix für Transekt .... - Ufersaum bis ca. 22 m von Wasseranschlagskante									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*
1					*12*				
2					*13*				
3					*14*				
4					*15*				
5					*16*				
Gesamt OL					**Gesamt OR**				
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
Vegetationszahl									

Für weitere Analysen kann aus der jeweiligen Bodenbedeckung je Höhenschicht am Plot die **Bedeckungsklasse** berechnet werden. Folgende Tabelle 7 listet diese auf und weist der Überschirmung der Bodenfläche, je Plot in Prozent, einen Bedeckungsklassenwert zu. Bei kaum vorhandener Überschirmung erhält man demnach eine niedrigere Klasse als bei einer starken Überschirmung.

Tabelle 7: Einteilung der Vegetation in Bedeckungsklassen; 2013

Vegetationsbedeckung in Prozent je Höhenschicht	Bedeckungsklasse
0	0
1 - 5	1
6 - 25	2
26 - 50	3
51 - 75	4
76 - 100	5

Analog der Bedeckungsklasse kann ein **Bedeckungsklassenhöchstwert** gebildet werden. Dieser berücksichtig alle Vegetationsschichten bis auf die Gräser- und Kräuterschicht. Die Höhenschicht, unterteilt in "Baum1", "Baum2" und "Strauch", welche die höchste Abdeckung am jeweiligen Plot je Bedeckungsklasse erreicht, bildet den Wert. Ein Plot, der über eine Bodenabdeckung der jeweiligen Schichten von beispielsweise Baum 1 = 20 %, Baum 2 = 40 %, Strauch = 80 % verfügt, erhält demnach die Bedeckungsklasse 5, wobei die anderen Schichten eine geringere Klasse bewirken.

4.2.2 Hemisphärische Fotografien

An den Transekten werden mehrere hemisphärische Aufnahmen durchgeführt, um den Einfluss der Ufervegetation auf die Beschattung des Wasserkörpers anhand von Strahlungswerten feststellen zu können. Wie in Abbildung 29 ersichtlich ist, muss die Kamera in der Mitte des Flusses sowie einen Meter links und rechts der Böschungsunterkante positioniert werden. Das Mittefoto soll die beschattende Wirkung der Vegetation, der Böschung und allen anderen beschattenden Elemente erheben. Deshalb muss es nahe der Wasseroberfläche getätigt werden. Die Fotos am Rande des Wasserkörpers sind böschungsbereinigt aufzunehmen und sollen auf Höhe der jeweiligen Böschungsoberkante (BOK) aufgenommen werden. So kann in späterer Folge erklärt werden, ob die Böschung maßgeblichen Einfluss auf die Strahlungsintensität hat. Dies wird unter Kapitel 5.2.1 (S. 79) näher erläutert.

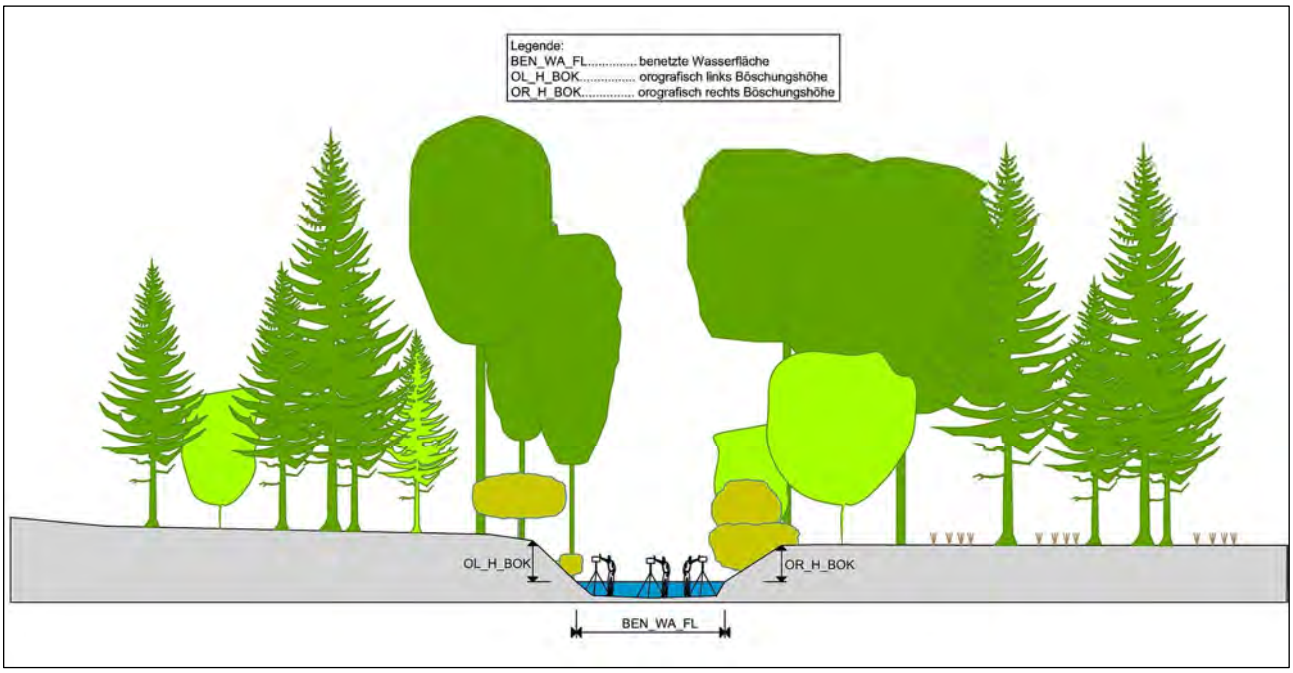


Abbildung 29: Aufnahmeschema der Hemisphärischen Fotografien; AUTOCAD, 2013

Um die jahreszeitlichen Veränderungen im Sinne der vorherrschenden Belaubungssituation zu berücksichtigen, werden die Aufnahmen mindestens zweimal im Jahr für jeden Transekt durchgeführt. Im Winter (März 2013) werden so Daten der unbelaubten Vegetation, im Sommer (Juli und August 2013) der belaubten, gewonnen.

Um Vergleichsmessungen durchführen zu können, wurde neben der exakten Verortung des Standortes auch auf die Reproduzierbarkeit der Aufnahmehöhe des Fotoapparates Wert gelegt. Für jedes Foto an einem Transekt wurde eine bestimmte Stativhöhe festgelegt. Zwecks der besseren Handhabung wurden vier Stativhöhen bestimmt, mit denen alle Fotoserien durchgeführt worden sind.

- Einfacher Auszug - 77 cm
- Doppelter Auszug- 109 cm
- Dreifacher Auszug - 139 cm
- Maximal Auszug - 170 cm (dreifacher Auszug + Zusatzhöhengestänge)

Um die getätigten Hemisphärischen Fotografien mittels der Software HemiView auswerten zu können, mussten für jeden Transekt zusätzlich die Seehöhe sowie die magnetische Deklination erhoben werden. Letztere konnte aus der Homepage des National Geophysical Data Center entnommen werden und stellt die Kompassabweichung zwischen magnetischer und geographischer Nordrichtung dar. Hierfür wurde für jeden Transekt ein eigenes Datenblatt erstellt, welches unter Abbildung 30 ersichtlich ist.

NGDC Declination

Date	2013-06-21
Latitude	47.48314° N
Longitude	16.04274° E
Elevation	0.0 km
Model Used	WMM 2010
Declination	3.47° E changing by 0.1° E per year

Compass shows the approximate bearing of the magnetic north (MN)

Abbildung 30: Datenblatt der magnetischen Deklination für den Transekt Pinka 4;
Quelle: NATIONAL GEOGRAPHIC DATA CENTER, 2013

4.2.3 Darstellung der verwendeten Geräte

Für die Ermittlung der Strahlungswerte kann eine handelsübliche digitale Spiegelreflexkamera mit Fischaugenobjektiv verwendet werden. Im Falle der vorliegenden Arbeit kommt eine Spiegelreflexkamera der Marke Canon, Typ EOS 50D mit Sigma EX DC 4,5 mm F2.8 Zirkular Fischaugenobjektiv zur Anwendung. Aufgrund eines Unfalles, bei dem die Kamera zu Schaden kam, musste bei knapp der Hälfte der Aufnahmen auf die Canon, Typ EOS 60D umgestellt werden. Um hemisphärische Aufnahmen durchführen zu können, wird eine speziell für diesen Kameratyp entwickelte kardanische Aufhängung (Self Leveling Mount) der Firma Delta-T-Devices, Cambridge, UK verwendet, welche in Abbildung 31 dargestellt wird (vgl. WEBB, 2009). Dieses System wird auf ein handelsübliches Stativ montiert um die Kamera stets in horizontaler Position halten zu können. Dies ist bei meist unebenem Untergrund im Flussbett hilfreich. Des Weiteren ist auf diesem ein Kompass montiert, um die Kamera nach Norden ausrichten zu können. Um im Auswertungs-programm später diese Ausrichtung zu berücksichtigen, befinden sich am inneren Nivellierring zwei Markierungen. Diese werden mittels Glasfaserkabel mit dem Blitzlicht der Kamera verbunden und leuchten somit bei richtiger Einstellung zum Zeitpunkt der Aufnahme auf dem Bild optisch auf. Die spitz ausgeformte Markierung weist nach Norden, die zweite etwas abgerundete nach Süden.

Abbildung 31: Fischaugenkamera mit kardanischer Aufhängung; 02.07.2013

Weiterführend werden die getätigten Einstellungen an der Kamera erläutert. Bei großen Fotoserien am einem Tag empfiehlt es sich, die Nummerierung der Bilder im Menü "Reihen auf" zu wählen, damit die Bilder mit einer fortlaufenden Nummer beschriftet werden. Da bei der vorliegenden Masterarbeit jedes Foto am Aufnahmebogen vermerkt wurde, hat sich diese Methode als sehr praktikabel erwiesen.

Um eine gute Auswertbarkeit über das Programm HemiView zu erreichen, werden die Bilder möglichst hochauflösend, ausreichend scharf sowie mit einem entsprechenden Kontrast erstellt.

Alle Aufnahmen werden mit der **maximal möglichen Auflösung** gewonnen. Diese entspricht laut Angaben des Herstellers für das Gerät Canon EOS 50D, 15,1 Megapixel. Zudem empfiehlt es sich alle Fotos im **RAW-Format** zu tätigen, da der Informationsgehalt der Bilder und somit die Qualität für die weitere Bearbeitung sehr hoch ist. Dieses Format basiert auf der Architektur des TIFF-Formats und wird in Form von CR2 Dateien gespeichert. Fotos in diesem Format beinhalten nur die unkomprimierten Bilddaten, die vom CCD-Sensor der Kamera aufgezeichnet werden. Um eine CR2 Datei öffnen zu können, benötigt man in der Regel eine spezielle Software mit der es möglich ist, Bildeigenschaften wie Schärfe, Farbsättigung oder Kontrast zu verändern. Im Zuge dieser Arbeit wurde diesbezüglich das Programm Digital Photo Professional der Firma Canon verwendet.

Um die Auswertbarkeit der Aufnahmen zu verbessern, werden diese **mit erhöhter Schärfe** getätigt. Dies wird ermöglicht, in dem der Autofokus deaktiviert und die Einstellung am Fischaugenobjektiv bei freiem Himmel auf unendlich und bei Vegetationsüberhang auf 0,2 voreingestellt wird.

Betreffend des Kontrastes hat sich herausgestellt, dass die Kamera wenig Potenzial besitzt, bei direktem Sonnenschein scharfe und kontrastreiche Bilder zu generieren. Durch starke Sonneneinstrahlung kann es zu einem **Blendeffekt** kommen, welcher die gewonnen Daten verfälscht.

Zudem kann es bei auftretenden Reflexionen bei der Auswertung mittels Hemiview zu Problemen kommen, da diese falsch interpretiert werden. So kann es bei hellen Bildern vorkommen, dass reflektierende Oberflächen fälschlicherweise als freie Bereiche erkannt werden. Dies trifft bei Pflanzen mit hellen Blättern wie Silberweide und Silberpappel besonders stark zu. (siehe Kapitel 2.3, S. 14).

Bei Sonnenschein kann nur fotografiert werden, wenn ein Objekt die Sonne direkt abschirmt, sodass kein direktes Sonnenlicht die Linse erreicht. Idealbedingungen findet man jedoch bei bedecktem Himmel vor, beziehungsweise in der Abend- und Morgendämmerung.

Da im Aufnahmezeitraum der vorliegenden Arbeit während des Frühjahrs und Sommers 2013 überwiegend Sonnenschein und wolkenlose Bedingungen vorherrschten, konnten die vorhin genannten Voraussetzungen nicht immer vorgefunden werden. So mussten einige Bilder im Photoshop nachbearbeitet werden, wodurch die Eignung für die Verwendung im HemiView nicht beeinflusst wurde. Im Kapitel 4.3.2 (S. 51) wird dies erläutert.

Geringere Unterschiede in den Lichtverhältnissen werden entsprechend den Gegebenheiten vor Ort manuell durch **Korrekturen am ISO-Wert**, sowie durch die Belichtung ausgeglichen. Der Hersteller empfiehlt entsprechend der gegebenen Lichtverhältnisse zum Zeitpunkt der Aufnahme, die ISO-Werteinstellung **bei Sonne** oder heller Umgebungssituation auf **100 - 200**, sowie bei bedecktem Himmel und **abends** den Wert zwischen **400** - **800** zu setzen. Da sich die Werte als sehr praktikabel erwiesen haben, wurden diese auch für Aufnahmen dieser Arbeit verwendet.

4.3 Nachbearbeitung der Hemisphärischen Aufnahmen

Um die Hemisphärischen Fotografien erfolgreich in das Auswertungsprogramm überführen und auswerten zu können, mussten folgende Nachbearbeitungen durchgeführt werden.

4.3.1 Selektion der geeigneten Aufnahmen

Um den oft schwierigen Lichtverhältnissen am Transekt gerecht zu werden, mussten verschiedene Einstellungen probiert werden, um ein kontrastreiches und scharfes Bild zu generieren. Da sich die Aufnahmebedingungen an jedem Transekt von orografisch links über die Flussmitte bis orografisch rechts stets verändern, sind mehrere Serien fotografiert worden.

Somit mussten im Vorfeld der HemiView Analyse alle Fotos begutachtet und selektiert werden. In der folgenden Abbildung 32 ist ersichtlich, dass das linke Foto aufgrund eines zu hohen ISO Wertes überbelichtet ist. Beim rechten Bild konnte die beste Einstellung gefunden werden, um bei diffuser Sonnenstrahlung ein scharfes und kontrastreiches Bild zu erzeugen. Somit muss die Aufnahme links verworfen werden.

Abbildung 32: Vergleich zwischen überbelichteter (links) und passender Aufnahme (rechts) am Transekt P07, Gemeinde Pinggau; 03.07.2013

4.3.2 Überarbeitung der selektierten Aufnahmen

Wie in Kapitel 4.2.3 (S. 49) bereits erklärt, wurden einige Aufnahmen bei starkem Sonnenschein durchgeführt (siehe Abbildung 33, S. 52). Da hierbei die Kamera keine Einstellungsmöglichkeit zur Verfügung stellt um eine geeignete Aufnahme für die Auswertung in HemiView zu generieren, wurden diese mittels Photoshop nachbearbeitet.

Abbildung 33: Transekt Lafnitz 45 (Gemeinde Heiligenkreuz im Lafnitztal) starke Sonneneinstrahlung; Vergleich der Aufnahme vor (links) und nach der Bildbearbeitung (rechts); Original links aufgenommen am 08.08.2013, rechtes Bild bearbeitet mittels PHOTOSHOP, 2013

Paradoxerweise mussten auch Aufnahmen mit zu vielen Grauwerten mittels Photoshop aufbereitet werden, wie in Abbildung 34 dargestellt. Dies tritt vor allem an bewölkten Tagen auf, obwohl dies in der Literatur als beste Bedingung beschrieben wird (vgl. SCHUME, 1998). Da die Software HemiView nur schlecht zwischen Grautönen unterscheiden und mittels der Einstellung Threshold (siehe Kapitel 4.4.3, S. 56) keine Verbesserung herbeigeführt werden kann, wurde bei diesen Aufnahmen der Kontrast sichtbar herausgearbeitet. Nach zusätzlichen Arbeitsschritten im Bildbearbeitungsprogramm erwies sich eine Umwandlung der Bilder in ein Schwarz - Weiß - Format als günstig.

Abbildung 34: Transekt Lafnitz 22 (Gemeinde Loipersdorf-Kitzladen) viele Grautöne; Vergleich der Aufnahme vor (links) und nach (rechts) der Bildbearbeitung; Original links aufgenommen am 05.08.2013, rechtes Bild bearbeitet mittels PHOTOSHOP, 2013

4.3.3 Ordnerstruktur / Datenumwandlung für HemiView / Analyse / Datenbehandlung

Um eine lückenlose Dokumentation der getätigten Aufnahmen zu gewährleisten, wurde für jeden Transekt ein digitaler Ordner erstellt, in der die Fotos mit einer vorher definierten Beschriftung und Reihenfolge abgelegt wurden. Diese Daten liegen in Form einer Daten-CD im Anhang der Arbeit anbei.

Da die Software HemiView nur Bildformate wie JPG. - Format bearbeiten kann, mussten alle Aufnahmen in dieses Format konvertiert und anschließend in eine Auswertungsdatei HemiView (HVS. - Format) überführt und gespeichert werden, um mit der Analyse beginnen zu können. Im Anschluss wird die vorhin erwähnte Ordnerstruktur erklärt, anhand welcher die Daten abgelegt wurden.

1) **Beschreibungsfoto** - CR2 Datei - Eindeutige Uferbeschreibung (OL,M,OR) durch Fingerzeichen - Format: P09_OL_1_Bez.CR2
2) **Original HemiView Foto** - CR2 Datei - Verwendetes Original Foto für Analyse - Format: P09_OL_2_Orig.CR2
3) **Konvertiertes HemiView Foto** - JPG Datei - Original HemiView Foto konvertiert für weitere Bearbeitung und HemiView Analyse
   - Format: P09_OL_3_Orig.jpg
4) **Nachbearbeitetes HemiView Foto** - JPG Datei - Original HemiView Foto konvertiert, falls vorhanden notwendig für HemiView Analyse - Format: P09_OL_4_bearb.jpg
5) **Auswertungsdatei HemiView** - HVS Datei - Original bzw. falls vorhanden nachbearbeitetes Foto - JPG Datei - (Grundlage für Master Excel Tabelle) - Format: P09_OL_5_Hemi.hvs

4.4 Programm HemiView zur Berechnung der Strahlungswerte - getroffene Einstellungen

Um mit der Analyse der Strahlungswerte beginnen zu können, müssen die hemisphärischen Aufnahmen nach dem Importieren in das Programm HemiView richtig eingenordet werden. Hierfür wird die Nord-Kompassnadel des Programmes auf die spitze Markierung am Bildrand der Aufnahme platziert. Damit diese Ausrichtung richtig vollzogen werden kann, musste bereits beim Tätigen der Aufnahmen die Kamera stets nach Norden ausgerichtet werden (siehe Kapitel 4.2.3, S. 49).

Nach diesem Schritt sind einige Einstellungen bezüglich der Auswertungsberechnung zu treffen, die in weiterer Folge für alle Aufnahmen gleich bleiben. Im Anschluss muss die Verortung für jeden Transekt und die Threshold - Einstellung getroffen werden. Dies wird nachfolgend kurz beschrieben und basiert auf den Beschreibungen enthalten im Handbuch des Programmes HemiView (vgl. RICH et al., 1999).

4.4.1 Output Configuration:

Daytrack *Day of Year: 172 / 21. Juni*

Sämtliche Aufnahmen, Sommer- und Winteraufnahmen, werden mit dem 21. Juni (Sommersolstitium) berechnet, da dies der längste Tag des Jahres auf der Nordhalbkugel und mit dem höchsten Sonnenstand zu rechnen ist (Abbildung 35, S. 55). Allein durch die Position und Verlauf der Sonnenbahn an diesem Tag, ist mit der höchsten Einstrahlung zu rechnen (siehe Kapitel 2.8 S. 22).

Es lassen sich dadurch Rückschlüsse auf das maximal mögliche Beschattungspotential der Vegetation treffen. Um die getätigten Winteraufnahmen mit den Sommeraufnahmen, im Speziellen den beschattenden Einfluss der Blattmasse, vergleichen zu können war es notwendig, unter den gleichen Voraussetzungen die Auswertung mittels HemiView zu tätigen. Daher wurden auch die im Winter getätigten Aufnahmen mit dem 21. Juni ausgewertet.

Time Series Increment: *10*

Unter dieser Einstellung wird dem Programm vorgegeben, in welchen Zeitabständen Ergebnisse generiert werden sollen. Nach dem HemiView Manual wird ein Wert von 10 vorgeschlagen. Bei der gewählten Einstellung werden für den 21. Juni ab 04:10 Uhr bis 19:50 Uhr alle zehn Minuten Strahlungswerte errechnet.

Skymap: *Azimuth: 8* *Zenith: 10*

Skymap division stellt ein Raster dar, welches über das HemiView Foto gelegt wird. Der Azimut Bereich wird in Form von Spalten dargestellt, der Zenit hingegen durch Kreise. Im vorliegenden Fall wird das Bild in acht Azimut Spalten sowie in zehn Zenitskreise unterteilt. In Summe bilden diese den Skymap - Raster (siehe Abbildung 35, S. 55).

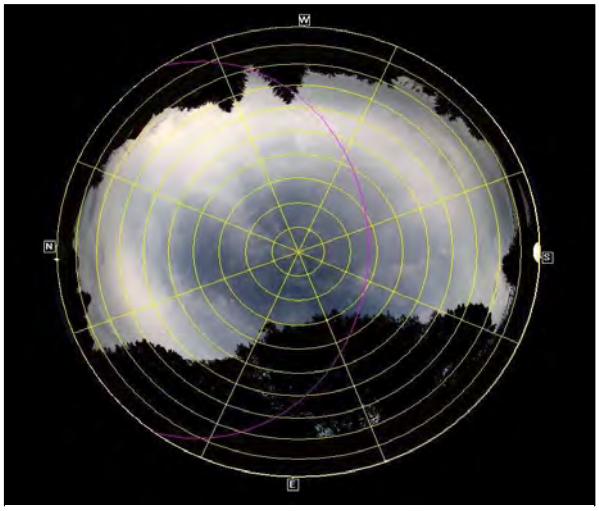


Abbildung 35: Einstellung für Daytrack (rosa) und Skymap (gelb) am Beispiel Pinka 14 in Pinkafeld; 03.07.2013, HemiView, 2013

Intercepting Surface: *Azimuth: 0* *Zenith: 0 - Single-Sided*

Sollte die Aufnahme aus unterschiedlichen Gründen schräg aufgenommen werden, so kann diese Winkelveränderung hierdurch korrigiert werden. Da die Kamera stets waagrecht positioniert und Richtung Zenit ausgerichtet wurde, muss keine spezielle Einstellung betreffend dieser Winkeleinstellung getroffen werden. Es wird demnach die Grundeinstellung des Programmes verwendet.

Solar Model: *Units Energy (W/m²)*

Hier kann eine Einstellung für die verwendete Einheit der Strahlungsenergie, die als Ergebnis errechnet wird, gewählt werden. Im Fall der vorliegenden Arbeit kommen Watt pro Quadratmeter zur Anwendung.

Diffuse Distribution: *Standard Overcast Sky (SOC)*

Es bestehen seitens des Programmes unterschiedliche Berechnungsmöglichkeiten der diffusen Strahlung. Nach vorherrschender Meinung seitens des Institutes, an welchem diese Arbeit verfasst wird, liefert das Standard Overcast Sky Modell (SOC) zuverlässige Ergebnisse. Demnach wird auf dieses Modell bei den Berechnungen zurückgegriffen.

Solar Transmission: *Transmittivity: 0,80* *Diffuse Proportion: 0,15*

Unter diesem Punkt kann die Durchlässigkeit der Atmosphäre im Speziellen der Verlust an Strahlung zwischen Eintritt in die Atmosphäre und vor Eintritt in Vegetation [*Transmittivity*] sowie der Anteil der indirekten Strahlung [*Diffuse Proportion*] eingestellt werden. Hier wurden die oben genannten Grundeinstellungen belassen.

External Solar Flux: *1.370 (W/m²)*

Für die Einstellung der externen Strahlungsmenge wurde die Solarkonstante - um 10 W/m² höher als durch LARCHER (1994) angenommen - definiert. Dieser Wert wurde angenommen, um den Schwankungsbereich der Solarkonstante zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.3, S. 14).

4.4.2 Site Erstellung

Die Site Erstellung ist für genaue Verortung der getätigten Aufnahme notwendig. Mittels der hier gewählten Einstellungen wird für das Programm die genaue Position definiert.

Im Zuge der vorliegenden Masterarbeit wird für jeden Transekt ein eigenes Positionssite angelegt. In Summe ergeben sich 95 Sites.

Folgende Eingaben sind hier zu tätigen.

- Name (Pinka bzw. Lafnitz P01, L01)
- Description (Bundesland und Gemeinde - Steiermark; Pinggau)
- Latitude/Longitude
  Für die richtige Eingabe der Koordinaten muss eine Eingabe im deg Format erfolgen. Beispiel 47.3434 Latitude, 16.2323 Longitude
- Altitude (Seehöhenangabe laut GPS - Gerät)
- Magnetic Deklination (siehe Kapitel 4.2.2, S. 47)

4.4.3 Threshold

Die getätigten Aufnahmen werden in das Programm HemiView geladen. Diese liegen jedoch in unterschiedlichen Graustufen beziehungsweise in diversen Farbschattierungen vor.

Für die Berechnung der Strahlungswerte wird hingegen eine Schwarz - Weiß - Interpretation verwendet, welche beim erstmaligen Laden des Fotos in das Programm bereits im Hintergrund erstellt wird.

Bei der Analyse der Bilder versucht das Programm folglich jedem Pixel einen eindeutigen Schwarz- oder Weißwert zuzuordnen. Dies wird ersichtlich durch die Betätigung des *Thresholds*, welcher eine Amplitude von 1 bis 256 aufweist.

Das Programm gibt dem Anwender demnach eine Einstellungsmöglichkeit, die Werte manuell zu adaptieren beziehungsweise zu definieren, welche Bildbereiche als schwarz beziehungsweise als weiß angesehen werden sollen.

Laut Bedienungsanleitung der Firma Delta T. Device werden bei einem niedrigen *Threshold* die Bildsegmente eher als weiß interpretiert, wohingegen bei einem hohen Wert die Segmente eher als schwarz definiert werden.

So ist es möglich den Bildbereich heller oder dunkler zu gestalten. Im Fall der gemachten Aufnahmen musste festgestellt werden, dass das Programm HemiView jedoch Schwächen aufweist, unzureichend kontrastreiche Bilder mittels des *Thresholds* anzupassen.

Bei zu hellen Aufnahmen trat das Problem auf, dass bei Erhöhung des *Threshold*s die hellen Bildpunkte gewollt dunkler wurden, jedoch zusätzliche dunkle Bildpunkte generiert wurden, die auf den eigentlichen Aufnahmen nicht vorhanden waren.

Analog dazu wurden beim Hellerstellen von Fotos wichtige Bildpunkte teilweise eliminiert. Aufgrund dessen musste im Vorhinein bei vielen Aufnahmen der Kontrast sowie die Farbsättigung mittels Photoshop angepasst werden, was in Kapitel 4.3.2 (S. 51) beschrieben wird.

4.4.4 Vorbereitung zur Berechnung des Global Site Factor (GSF)

Bei optimaler Darstellung des Bildes in HemiView unter Verwendung des *Thresholds* kann die Berechnung gestartet werden. Hierfür muss die Funktion *Calculate* ausgeführt werden, wodurch man vom Programm HemiView berechnete Tabellen erhält, welche in Excel überführt werden können.

Für die vorliegende Arbeit wurden nach Einstellung der gewünschten Berechnungen *Output Sheets im Register "Calculation Settings*" durch HemiView alle verfügbaren Berechnungsvarianten gewählt.

Somit erhält man eine Vielzahl an Arbeitsmappen wobei für die weitere Bearbeitung die Mappen *Values* sowie *TimeSer* von Bedeutung sind, welche im anschließenden Kapitel erläutert werden.

Im Mappenblatt *Values* werden die Endergebnisse der getätigten Berechnungen gelistet, dieses stellt somit eine Zusammenfassung der kompletten Daten dar.

Im Mappenblatt *TimeSer* hingegen erhält man nach gewählter Zeitintervalleinstellung *Time Series Increment* eine Auflistung der berechneten Strahlungswerte für die jeweilige Uhrzeit. In der folgenden Tabelle 8 (S. 58) wird am Beispiel des Transektes Pinka 04 ein Auszug aus diesem Arbeitsblatt dargestellt.

4.5 Berechnung Global Site Factor (GSF)

In diesem Kapitel wird der Global Site Factor erläutert und der Berechnungsweg dargestellt. Dieser Wert ist insofern von großer Bedeutung, da er als Endergebnis zu verstehen ist und alle strahlungsrelevanten Komponenten vereint in einem Zahlenwert ausdrückt. Der Global Site Factor berechnet sich aus Werten, welche aus dem Programm HemiView entnommen werden, sowie aus tatsächlich gemessenen Strahlungswerten im Untersuchungsgebiet.

Diese gemessenen Strahlungswerte ersetzen die geschätzten Strahlungswerte, welche von HemiView verwendet werden. Betroffen sind die direkte und diffuse Strahlung (siehe Kapitel 2.3, S. 14) oberhalb von etwaigen beschattenden Elementen je nach Seehöhe. Die gemessenen Werte werden von Prof. Dr. Philipp WEIHS vom Institut für Meteorologie an der Universität für Bodenkultur Wien zur Verfügung gestellt. Die direkten und diffusen Strahlungswerte, die unterhalb der Vegetation auftreten, werden ausschließlich durch HemiView berechnet.

Die Strahlungswerte werden über den ganzen Tag betrachtet sowie separat über die Mittagsstunden von 10 - 14 Uhr berechnet. Für die Ganztageswerte werden alle Einzelwerte von 04:10 - 19:50 Uhr mit dem gegebenen Zeitintervall von 10 Minuten herangezogen. In Tabelle 8 (S. 58), sind diese Werte ersichtlich, wobei aufgrund leichterer Lesbarkeit die Vielzahl der Einzelwerte in den Zellen ausgespart und symbolisch mit Punkten versehen wurde.

Tabelle 8: Mappenblatt *TimeSer,* Auszug aus HemiView, Ganztageswerte (blau), Mittagsstrahlungswerte (gelb); HEMIVIEW, 2013

Instantaneous Direct Light Values for Selected Day of Year

	P04_M						
21 Jun					**W.m-2**		
Time	**SunAz**	**SunZen**	**SunVis**	**DirAbU**	**DirAb**	**DirBeU**	**DirBe**
04:10:00	54,47	89,61	0	0,00	0,00	0,00	0,00
04:20:00	56,29	88,22	0	1,89	0,06	0,00	0,00
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
10:00:00	124,62	33,88	0	1070,40	888,61	0,00	0,00
10:10:00	127,99	32,52	0	1074,48	905,99	0,00	0,00
10:20:00	131,57	31,22	0	1078,14	921,97	0,00	0,00
10:30:00	135,39	30,00	0	1081,40	936,57	0,00	0,00
10:40:00	139,44	28,85	0,02	1084,27	949,68	17,21	15,07
10:50:00	143,74	27,80	0	1086,77	961,32	0,00	0,00
11:00:00	148,29	26,86	0	1088,91	971,45	0,00	0,00
11:10:00	153,10	26,03	0	1090,70	980,06	0,00	0,00
11:20:00	158,13	25,33	0	1092,15	987,12	0,00	0,00
11:30:00	163,39	24,78	0,03	1093,27	992,64	37,50	34,05
11:40:00	168,82	24,37	0	1094,07	996,59	0,00	0,00
11:50:00	174,37	24,12	0	1094,55	998,96	0,00	0,00
12:00:00	180,00	24,04	0	1094,71	999,76	0,00	0,00
12:10:00	185,62	24,12	0,18	1094,55	998,97	201,10	183,54
12:20:00	191,17	24,37	0,13	1094,07	996,59	144,72	131,82
12:30:00	196,60	24,78	0	1093,27	992,65	0,00	0,00
12:40:00	201,86	25,33	0	1092,15	987,13	0,00	0,00
12:50:00	206,90	26,03	0	1090,70	980,08	0,00	0,00
13:00:00	211,70	26,86	0	1088,91	971,47	0,00	0,00
13:10:00	216,26	27,80	0	1086,77	961,34	0,00	0,00
13:20:00	220,56	28,85	0	1084,28	949,70	0,00	0,00
13:30:00	224,61	30,00	0	1081,40	936,57	0,00	0,00
13:40:00	228,42	31,22	0	1078,15	922,00	0,00	0,00
13:50:00	232,00	32,52	0	1074,49	906,01	0,00	0,00
14:00:00	235,37	33,88	0,00	1070,41	888,64	0,00	0,00
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
19:40:00	303,70	88,22	0	1,90	0,06	0,00	0,00
19:50:00	305,53	89,61	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Die nachfolgende Tabelle 9 stellt eine Excel Berechnungsmaske dar, die in die von HemiView bereitgestellten Mappenblätter importiert wird, um die Ergebnisse zu generieren. In jedem Zahlenfeld verbergen sich Berechnungsformeln, die nachfolgend erläutert werden. Die farblichen Markierungen dienen zum Verständnis über den Ursprung der Werte. Dabei stammen alle in weiß gehaltenen Werte direkt aus HemiView, alle rot unterlegten wurden von Prof. Dr. WEIHS bereitgestellt, die rosa weiterführend berechnet, um den in grün gehaltenen GSF - Wert zu erhalten.

Tabelle 9: Berechnungsschema GSF für Transekt Pinka 04; Excel, 2013

P04_M	Ganztags (04:10 - 19:50 Uhr)										
	Summe Dir Ab HV W/m²	Summe Dir Be HV W/m²	Ratio / DSF HV	Ratio / ISF HV	Dir Ab GEM W/m²	Diff Ab GEM W/m²	Dir Be W/m²	Diff Be W/m²	Glob Be	Glob Ab	GSF
	52069,8407	2715,9072	0,0522	0,0382	495,0684	149,1268	25,8222	5,7008	**31,5231**	**644,1952**	**0,0489**
P04_M	Mittag (10:00 - 14:00 Uhr)										
	Summe Dir Ab HV W/m²	Summe Dir Be HV W/m²	Ratio / DSF HV	Ratio / ISF HV	Dir Ab GEM W/m²	Diff Ab GEM W/m²	Dir Be W/m²	Diff Be W/m²	Glob Be	Glob Ab	GSF
	23981,8590	364,4841	0,0152	0,0382	762,1205	183,2314	11,5830	7,0046	**18,5875**	**945,3519**	**0,0197**

Zwecks besseren Verständnisses werden nachfolgend die Rechenschritte für die Ermittlung des Ganztageswertes chronologisch aufgelistet. Die Berechnung erfolgt für den Mittagswert analog zum Ganztageswert.

1) *Summe Dir Be HV / Summe Dir Ab HV = Ratio DSF HV*
2) *Ratio DSF HV * Dir Ab GEM = Dir Be*
3) *Ratio ISF HV * Diff Ab GEM = Diff Be*
4) *Dir Ab GEM + Diff Ab GEM = Glob Ab*
5) *Dir Be + Diff Be = Glob Be*
6) ***Glob Be / Glob Ab = GSF***

Nun wird auf die in Tabelle 9 (S. 58) dargestellten Werte näher eingegangen:

"Summe Dir Ab HV W/m²":

Dieser Wert errechnet sich aus allen blau markierten Werten der Spalte DirAb in Tabelle 8 (S. 58), was der direkten Strahlungsmenge oberhalb von beschattenden Elementen entspricht und einen Gesamtwert der Strahlung in absoluten Zahlen für den 21. Juni 2013 in W/m² darstellt.

"Summe Dir Be HV W/m²":

Analog dazu errechnet sich dieser Wert aus allen blau markierten Werten der Spalte DirBe, welcher der diffusen Strahlungsmenge oberhalb von beschattenden Elementen entspricht.

"Ratio / DSF HV": DSF = Direct Site Factor

Der Wert stellt eine Verhältniszahl dar, welche sich aus der Division von *Summe Dir Be HV / Summe Dir Ab HV* berechnet. Es wird demnach die direkte Strahlung oberhalb der Vegetation zur Strahlung unterhalb der Vegetation beziehungsweise auf einer Freifläche in Relation gesetzt.

Für die Auswertung der gegenständlichen Arbeit ist lediglich der 21. Juni von Interesse, wo hingegen HemiView den DSF - Wert für das gesamte Jahr berechnet. Dieses Ergebnis kann aus dem Mappenblatt *Values* herausgelesen werden. Der Wert setzt sich hier aus dem Jahresmittel aus Dir Be / Jahresmittel Dir Ab zusammen und entspricht 0,0554 im Vergleich zum Tageswert von 0,0522.

"Ratio / ISF HV": ISF = Indirect Site Factor

Dieser Wert drückt eine Verhältniszahl ähnlich dem DSF Wert aus. Anstelle der direkten Strahlung wird hier die diffuse Strahlung betrachtet.

Der Wert würde sich analog zum DSF Wert aus der Division von Diff Ab / Diff Be berechnen. Da im vorliegenden Fall der Wert jedoch direkt aus HemiView stammt, kommt folgende Berechnung zur Anwendung.

Entsprechend des Skymap - Rasters (siehe Kapitel 4.4.1, S. 54) wird für jedes Einzelsegment ein Wert berechnet, wo im Anschluss der Mittelwert vom Programm gebildet wird, ersichtlich wird der Wert im Mappenblatt [*ISF*].

Die Wertepaare *"Dir Ab GEM" und "Diff Ab GEM"* in Tabelle 9 (S.58) werden wie bereits erwähnt von Prof. Dr. WEIHS zur Verfügung gestellt. Erster Wert steht für die direkte, der zweite für die diffuse (indirekte) Sonnenstrahlung. Beide Werte wurden gemessen ohne Einfluss beschattender Elemente.

Jede Höhenstufe beginnend bei 200 m bis 1.400 m mit einer Amplitude von 200 m wird mit Werten versehen. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass entsprechend der Höhestufe die in den [*Siteeinstellungen*] getroffen wurde, mit den zugehörigen Werten von Prof. Dr. WEIHS gearbeitet wird. Diese Werte werden in folgender Tabelle 10 dargestellt und beinhaltet direkte und indirekte Strahlungswerte.

Tabelle 10: Direkte und Indirekte Strahlungsmenge in Abhängigkeit der Seehöhe, 21. Juni; Quelle: WEIHS, 2013

	Strahlung ganztags W/m²		Strahlung mittags W/m²	
Seehöhe m	direkt	indirekt	direkt	indirekt
200	483,9719	149,3183	746,9382	184,0371
400	487,6776	149,2521	752,0146	183,7624
600	491,3982	149,1842	757,1028	183,4888
800	495,0684	149,1268	762,1205	183,2314
1000	498,7257	148,7403	767,1023	182,5463
1200	502,3201	148,6526	772,0072	182,2557
1400	505,9051	148,5704	776,8966	181,9737

"Dir Be":

Der Wert errechnet sich aus "*Ratio / DSF HV" * Dir Ab GEM* und stellt demnach eine Korrektur der aus HemiView stammenden Werte mit den gemessenen Werten von WEIHS im Bezug auf die direkte Strahlung unterhalb von beschattenden Elementen dar.

"Diff Be":

Analog zu der Ermittlung von *"Dir Be"* wird in diesem Fall die diffuse Strahlung korrigiert.

"Glob Ab":

Darunter versteht man die Gesamtstrahlung oberhalb beschattender Elemente beziehungsweise auf einer Freifläche, bestehend aus der direkten und diffusen Strahlung. Im vorliegenden Fall errechnet sich der Wert aus "Dir Ab GEM" + "Diff Ab GEM".

"Glob Be":

Analog der Berechnung des "Glob Ab" Wertes, bezieht sich dieser Wert auf die Globalstrahlung unterhalb von beschattenden Elementen. Die Berechnung setzt sich aus der Addition von "Dir Be" + "Diff Be" zusammen.

"GSF":

Errechnet wird dieser Verhältniswert aus globaler Strahlung unterhalb durch globaler Strahlung oberhalb. "GSF" = "Glob Be" / "Glob Ab".

Der Global Site Factor ist auf einen Wertebereich zwischen null und eins begrenzt. Strebt der Wert gegen eins, so bedeutet dies, dass annähernd 100 % der Globalstrahlung ungehindert auf den Wasserkörper auftreffen. Tendiert der Wert gegen null, kann davon ausgegangen werden, dass annähernd 0 % der Globalstrahlung den Wasserkörper erreicht. Somit muss die Strahlung beim Auftreffen auf Vegetation entweder absorbiert oder reflektiert werden. Um das Ergebnis leichter interpretieren zu können, wird dieser GSF – Wert in weiterer Folge in Prozent umgerechnet.

4.5.1 Eichung / Kalibrierung der Fischaugenaufnahmen

Um zu prüfen, ob durch die Hemisphärischen Aufnahmen und weiterführend durch die Auswertung in HemiView genaue und aussagekräftige Strahlungswerte generiert werden können, wurde im Vorfeld eine Vergleichsmessung im Versuchsgarten Essling des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau durchgeführt. An fünf vordefinierten Positionen im Versuchsgarten wurden Hemispährische Aufnahmen sowie Strahlungsmessungen mittels geeichten Globalstrahlungssensoren der Firma EMS durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, dass der GSF – Wert gemessen mittels HemiView über alle fünf Messungen im Durchschnitt um 11 % niedriger liegt, als durch die Globalstrahlungssensoren erhoben. Jedoch ist eine annähernd gleiche Verteilung der GSF – Werte gegeben.

Somit kann festgestellt werden, dass der Global Site Factor - erhoben durch Hemisphärische Aufnahmen - in dieser Masterarbeit zur Ermittlung des Beschattungspotenziales an den Fließgewässern herangezogen werden kann.

4.5.2 Visible Sky

Der Wert wird ohne weitere Umrechnung aus HemiView entnommen. Er stellt zusätzlich zu den unter *Site - Einstellungen* getroffenen Eingaben die Grundlage für die von HemiView angewandten Berechnungen dar. Als Verhältniszahl besagt der Wert, wie viel Prozent von der Gesamtfläche des jeweiligen Fotos beziehungsweise je gebildeten Rasterteilfeld der *Skymap*, bei der Auswertung als sichtbarer Himmel vom Programm erkannt werden. Demnach verfügt dieser über ähnlich große Bedeutung wie der GSF Wert.

Ein weiterer Aspekt ist, dass der Wert gleichermaßen wie der GSF - Wert die vorhandene Vegetation oder andere Strahlungshindernisse mit einbezieht. Falls vorhanden verringern diese zwangsläufig den Wert, da dadurch Hindernisse im Blickfeld entstehen.

Da der Wert jedoch nicht mit tatsächlich gemessenen Strahlungsreferenzwerten korrigiert, beziehungsweise abgeglichen werden konnte, wurde bei dieser Arbeit der GSF Wert als Hauptkriterium herangezogen (siehe Kapitel 4.5, S. 57).

Der Wert ist ähnlich dem GSF Wert auf den Bereich zwischen null und eins definiert. Ein Wert von 1 besagt, dass 100 % der Aufnahme als freier Himmel von HemiView erkannt werden. In diesem Fall weist das Programm sämtlichen Pixeln der Aufnahme den Stellenwert einer freien Fläche zu, welches sich durch helle Bildpunkte unter Verwendung von *Calculate* äußert. Ein Wert von null indes besagt, dass sämtliche Bildpunkte als schwarze Pixel angesehen werden und kein freier

Himmel auf der Aufnahme mehr erkennbar ist. Theoretisch könnte dieser Fall eintreten, wird in der Praxis jedoch nicht beobachtet, da dies nur dann auftreten würde, wenn jeder Bereich im Sichtfeld der Kameraausgangsposition vollständig den dahinter befindenden Himmel abdeckt.

4.6 Zusammenschau der Daten in digitaler Form

Um eine transparente und nachvollziehbare Vorgehensweise zu belegen und um Reproduzierbarkeit für weitere Arbeiten auf diesem Gebiet zu unterstützen, werden alle gewonnenen Daten nachfolgend kurz beschrieben sowie im **Anhang** in Form einer **Daten-DVD** positioniert.

Excel Datentabelle:
Bestehend aus mehreren Arbeitsblättern (Transektbezogene Daten, Morphologie und Fisheye, Bedeckungsgrade, häufige Arten) enthält die Datei alle durch die Aufnahmebögen gesammelten Daten sowie die in weiterer Folge errechneten HemiView Strahlungswerte.

Magnetische Deklinationen der Transekte:
pdf - Sammelmappe enthält für jeden Transekt die magnetische Deklination.

HemiView Auswertungen:
Einzelne Excel Datenblätter für jeden Transekt inklusive aller Berechnungen, die für die Bestimmung des GSF Wertes notwendig waren.

Fischaugenaufnahmen:
Enthält die komplette Fotoserie der einzelnen Positionen im Transekt, wie im Kapitel 4.3.3 beschrieben.

Gis Kartenmaterial
pdf - Sammelmappe mit der Verortung aller Transekte sowie die zusammenhängenden Flussverläufe. Erkennbar sind die Positionierungen der Transektschnitte im Gelände

Ergänzendes Bildmaterial:
Sammlung der getätigten Umgebungsfotos je Transekt

5 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse anhand von drei Themenblöcken erklärt. In Block eins werden die Einflussgrößen beschrieben, welche auf den Strahlungswert Einfluss ausüben. Im zweiten Block werden die GSF-Werte als Ergebnis dargestellt und auf ihre unterschiedliche Ausformung und Eignung geprüft. Der dritte Block besteht aus Gegenüberstellungen der einzelnen Einflussfaktoren aus Block eins mit den GSF-Werten, um Unterschiede der jeweiligen Wirkungen zu erheben. Abschließend werden die einzelnen Faktoren miteinander verschnitten. Die folgende Abbildung 36 soll dies verdeutlichen.

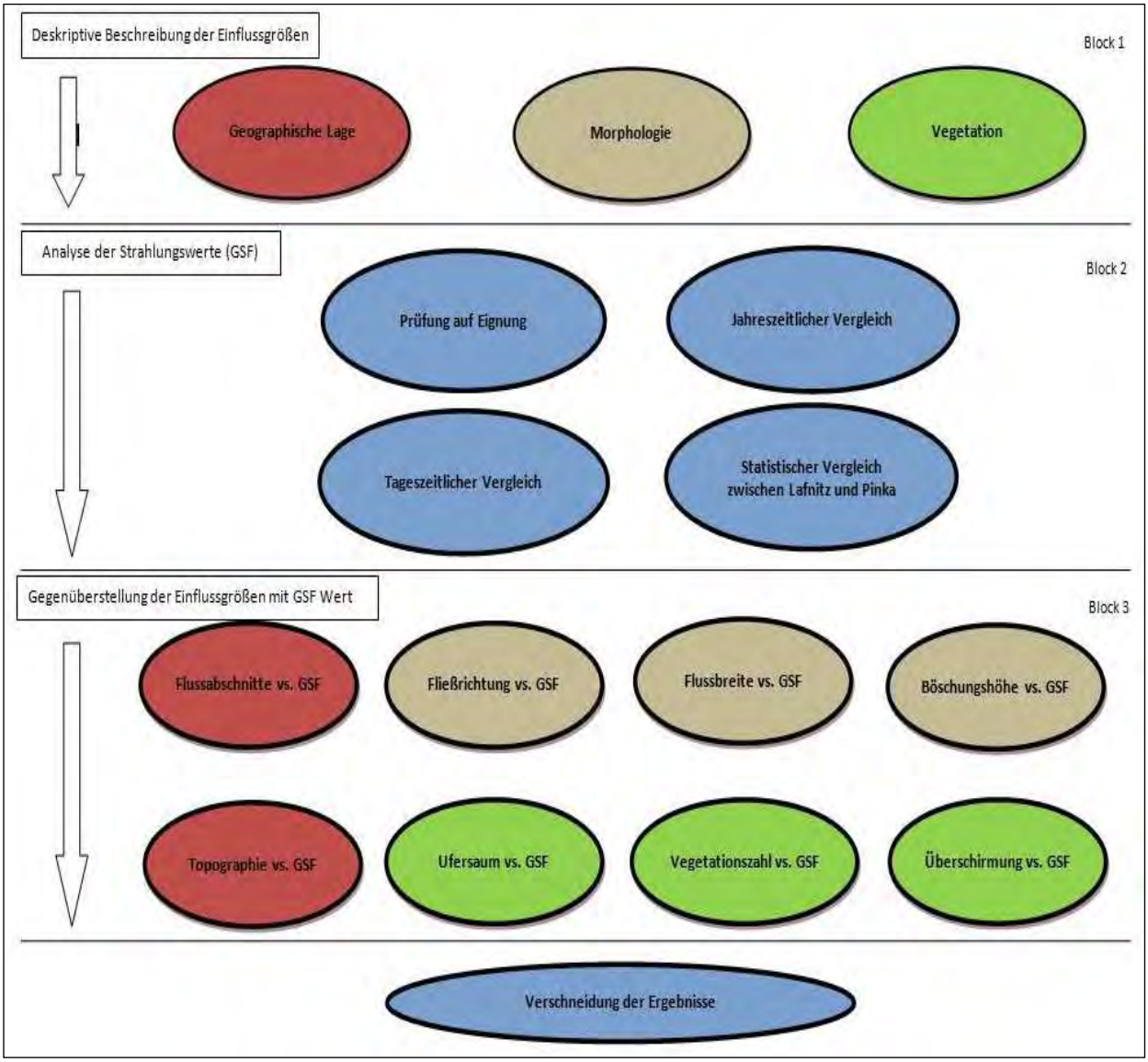


Abbildung 36: Schematischer Aufbau Kapitel 5 und der Auswertung, Auflistung der untersuchten Einflussfaktoren auf den GSF Wert; 2013

5.1 Beschreibung der Einflussgrößen

Um einen besseren Eindruck über die Gegebenheiten vor Ort zu erhalten, werden im folgenden Kapitel alle relevanten Einflussgrößen, die auf den GSF - Wert wirken, beschrieben. Diese werden in die drei Hauptgruppen „geographische Lage, Morphologie und Vegetation“ unterteilt. Es werden nur jene Gegebenheiten angeführt, die an den Transekten auch tatsächlich erhoben worden sind.

5.1.1 Geographische Lage

Die wichtigsten Parameter, welche einen Einfluss auf die Strahlungsergebnisse haben, sind die Seehöhe, die magnetische Deklination sowie die Ausformung des Geländes in unmittelbarer Nähe zum Fluss.

Mit Zunahme der Seehöhe steigt die direkte Strahlung, wo hingegen die diffuse Strahlung minimal verringert wird (siehe Tabelle 10, S. 60). Die tatsächlichen Unterschiede werden in den GSF - Wert eingerechnet und können so nicht direkt miteinander verglichen werden. Zudem sind die Unterschiede sehr gering und haben im Vergleich zu anderen Einflussgrößen eine minimale Wirkung. In der nachfolgenden Abbildung 37 kann die Seehöhenverteilung der einzelnen Transekte abgelesen werden. Zu erkennen ist, dass beide Flüsse ab circa Transekt 10 weniger Gefälle aufweisen.

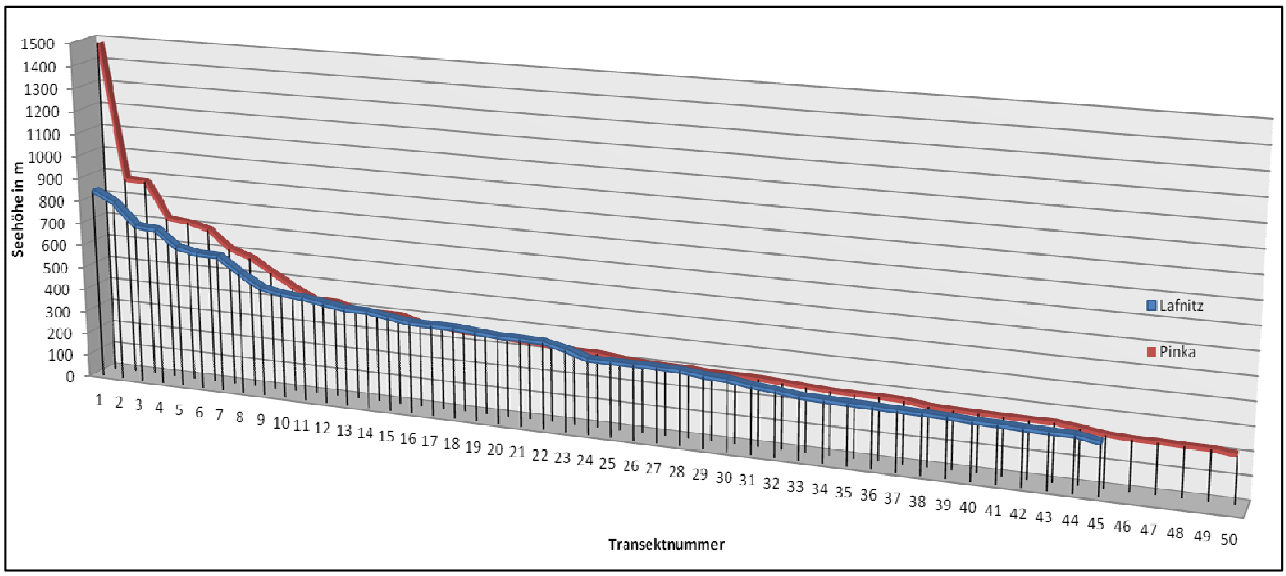


Abbildung 37: Transektverteilung an der Lafnitz und Pinka nach Seehöhe; EXCEL, 2013

Die magnetische Deklination stellt einen Ausgleichsfaktor zur richtigen Einnordung der hemisphärischen Aufnahmen dar. Sie wird in weiterer Folge nicht weiterführend untersucht, da es kaum zu Unterschiede im Untersuchungsgebiet kommt. Selbst bei Transekten, die sehr weit örtlich auseinander liegen, schwanken die Werte nur gering. So besteht an der Lafnitz ein Unterschied von Transekt 1 zu 45 von 0,07°. An der Pinka fällt dieser etwas größer mit 0,08°aus. Aufgrund dessen liegt nur eine minimale Verlagerung der Sonnenbahn vor, welche vernachlässigt werden kann.

5.1.2 Morphologie

In diesem Kapitel werden die Ausformungen des Gewässerlaufs wie Fließrichtung, Flussabschnittstypen, Uferkantenausprägung, Böschungshöhen und -breiten sowie Flussbreiten dargestellt.

Für die 95 Transekte, an denen Daten gewonnen wurden, sind in folgender Abbildung 38 die entsprechenden Fließrichtungen dargestellt.

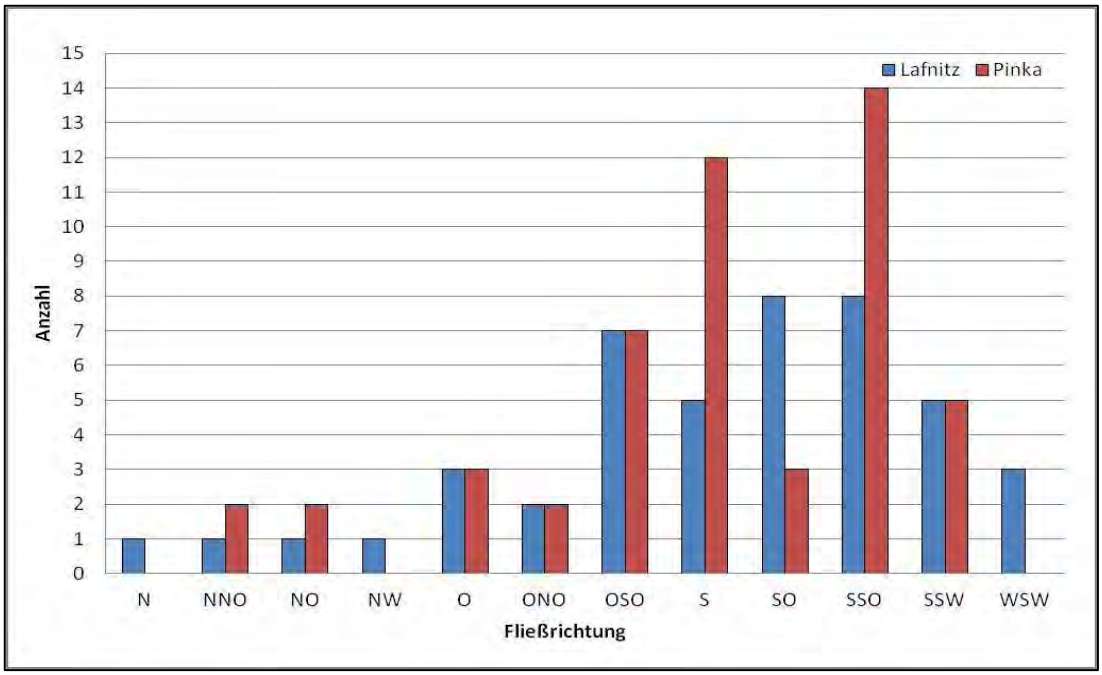


Abbildung 38: Fließrichtungen an Lafnitz (n=45) und Pinka (n=50); EXCEL, 2013

Überwiegend fließen beide Flüsse Richtung Süden (SSO, S, OSO und SO). In Prozentwerten ausgedrückt, fließt die Lafnitz an den erhobenen Transekten zu 62 % und die Pinka 72 % entlang dieser besagten Richtungen. Jedoch zeigt die Lafnitz bei der Fließrichtung mehr Himmelsrichtungen als die Pinka. Eindeutig erkennbar ist, dass die Pinka die größte Häufigkeit von Transekten aufweist, an denen der Fluss nach Süden beziehungsweise Süd-Süd-Osten verläuft.

Wie unter Kapitel 2.1 (S. 10) erläutert, können mittelgroße Gewässer in unterschiedlichen Flusstypen unterteilt werden. In Abbildung 39 (S. 66) werden die Bereiche, an denen Daten gewonnen wurden, in folgende Typen unterteilt.

Anhand der Abbildung 39 (S. 66) wird erkennbar, dass die meisten Transekte an beiden Flüssen in Bereichen mit geradem Gewässerlauf vorliegen. Im Gegensatz zur Pinka verfügt die Lafnitz über eine annähernd gleicher Verteilung aller Flusstypen, während die Pinka hauptsächlich gerade beziehungsweise begradigt verläuft. Durch die unter Schutzstellung der Lafnitz als Ramsar Gebiet konnten Mäanderbereiche vermehrt erhalten werden.

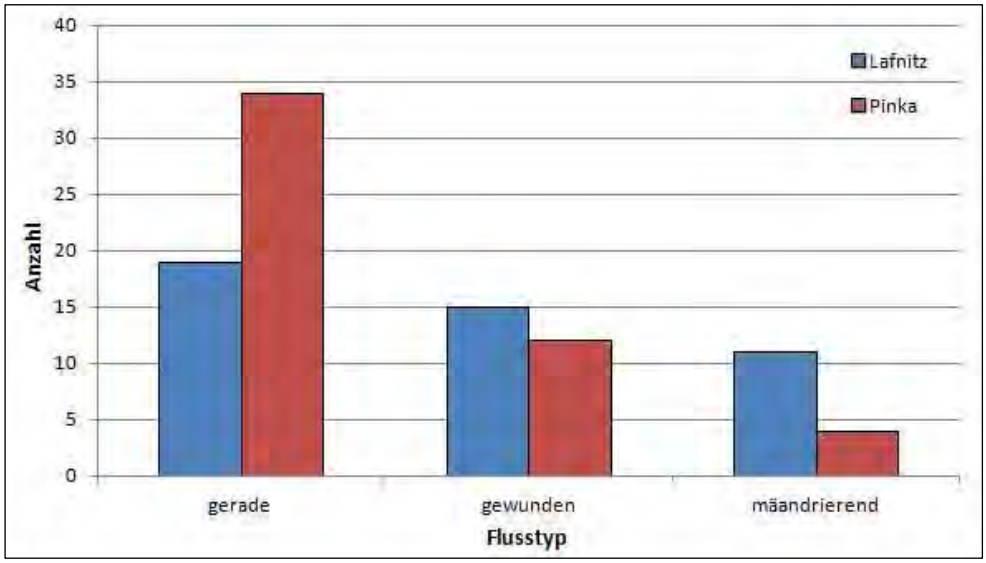


Abbildung 39: Flusstypen beider Flüsse (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

In weiterer Folge werden sämtliche Gewässerstellen im Hinblick auf deren Uferausformung untersucht. Jeder Transekt verfügt demnach über zwei Uferkanten, ausgeformt als Prall- und Gleithang oder als beidseitig gerade, was in Abbildung 40 ersichtlich wird.

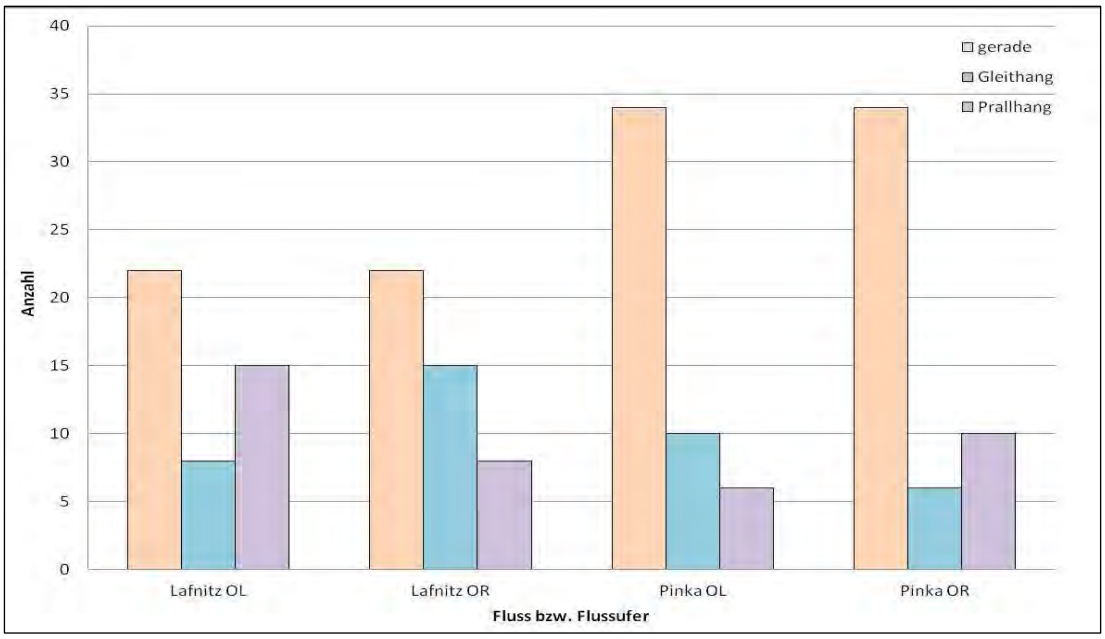


Abbildung 40: Darstellung der Uferkantenausprägung beider Flüsse (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

Die Tatsache, dass an der Lafnitz Mäanderbögen häufiger beobachtet werden, lässt mögliche Rückschlusse auf verminderte anthropogene Eingriffe im Gegensatz zur Pinka zu (siehe Kapitel 3.3, S. 28).

Die Pinka unterliegt starken Eingriffen und ist über weite Strecken begradigt, wodurch sich eine eindeutige Dominanz der geraden Uferkantenausprägungen ergibt, dies zeigt auch die Verteilung

auf gerade Gewässerabschnitte. Anzumerken ist, dass gerade Uferkantenausprägungen aufgrund der festen Breite (immer 10 m) der Transekte, in denen diese erhoben wurden, nicht zwangsläufig den Gewässertyp definieren. So können auch in Mäanderbereichen gerade Böschungsausprägungen beidseitig über 10 m auftreten. Dies bewirkt die Unterschiede der geraden Gewässerabschnitte in Abbildung 39 im Vergleich zu Abbildung 40.

Weiterführend wird die Böschungsausprägung der beiden Flüsse anhand von Streudiagrammen graphisch aufbereitet, wobei mit der Lafnitz begonnen wird.

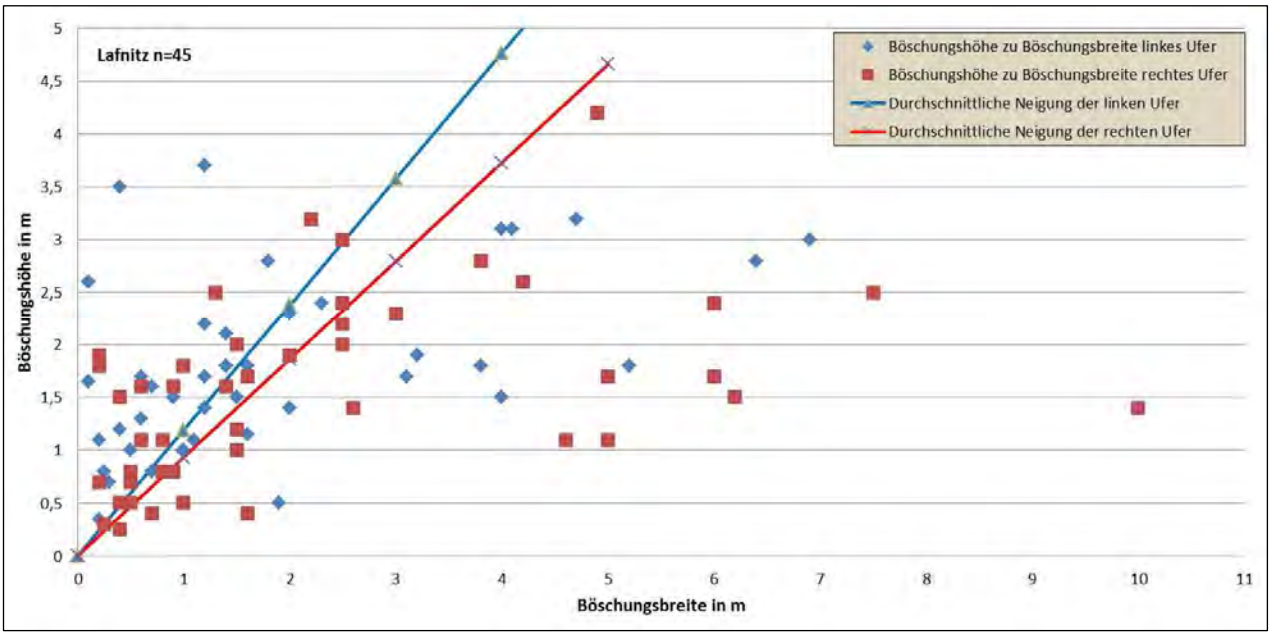


Abbildung 41: Verteilung der Böschungsbreiten zu Böschungshöhen an der Lafnitz, für linke und rechte Böschung; EXCEL, 2013

Die blaue und rote Linie in Abbildung 41 stellt die durchschnittliche Neigung sämtlicher Böschungen am jeweiligen Ufer dar. Dabei ist folglich die Neigung am linken Ufer größer als jene der rechten Ufer. Jeder Punkt steht für eine Einzelmessung und beschreibt die vorgefundene Uferböschungsbeschaffenheit des jeweiligen Ufers. Befinden sich Werte oberhalb der zugehörigen Durchschnittsneigung, so verfügen die entsprechenden Gewässerstellen über eine steilere Böschungsausprägung. Gegenteiliges gilt für Werte unterhalb des zugehörigen Durchschnitts. Dabei beträgt der zugrundeliegende Neigungswinkel an den linken Ufern 50 Grad und an den rechten Ufern 43 Grad.

Erkennbar wird, dass die Verteilung der Böschungsbreiten - die im Durchschnitt links 2,1 m und rechts 2,3 m betragen - zu den Böschungshöhen an der Lafnitz nicht homogen sind. Speziell die Böschungsbreiten variieren sehr stark, die Höhen sind in einem Bereich bis zu 4 m angesiedelt. Die Mehrheit vom Punkteschwarm mit rund 58 % befindet sich in einem Bereich von 2 x 2 m. An den linken Ufern ergibt sich eine durchschnittliche Höhe von 1,9 m im Vergleich zu 1,6 m über die rechten Böschungen gebildet.

Die Pinka (Abbildung 42) zeigt eine ähnliche Situation wie die Lafnitz, die durchschnittliche Neigung ist größer, die Böschungsbreite jedoch geringer. So beläuft sich die durchschnittliche Neigung an allen linken Ufern auf 53 Grad im Vergleich zu den rechten Ufern mit 56 Grad. Es sind weniger Ausreißer in der Böschungsbreite vorzufinden, die durchschnittlich für die linken 1,9 m und für die rechten Uferböschungen 1,7 m beträgt. Die Böschungshöhen belaufen sich im Durchschnitt auf 1,9 m links zu 1,9 m rechts.

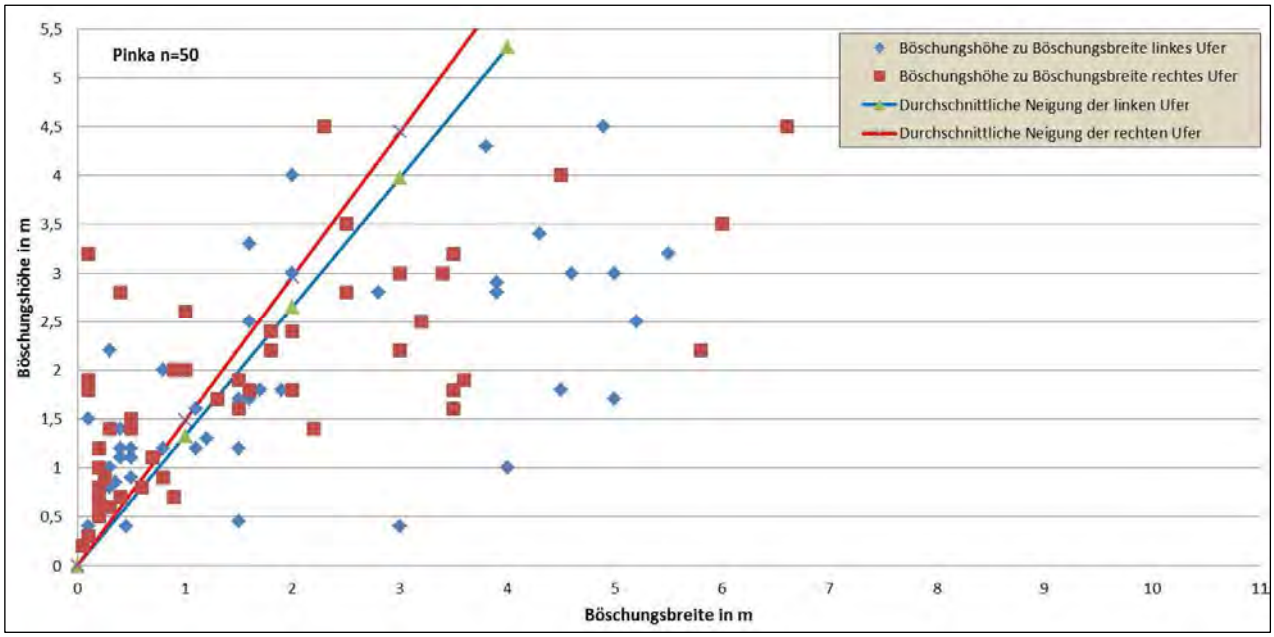


Abbildung 42: Verteilung der Böschungsbreiten zu Böschungshöhen an der Pinka, für linke und rechte Böschung; EXCEL, 2013

Zusätzlich der Böschungsausformung wurde die Gewässerbreite anhand der benetzten Wasserfläche erhoben. Aus der Abbildung 43 (S. 69) ist abzulesen, dass über die Summe an Transekten des jeweiligen Flusses die Lafnitz mit durchschnittlich 12,5 m nahe doppelt so viel benetzte Was-ser-fläche in der Breite aufweist wie die Pinka mit 6,8 m. Die Flussbreite variiert ähnlich stark, wobei die Lafnitz durchschnittlich 17,2 m erreicht, die Pinka hingegen nur 12,5 m.

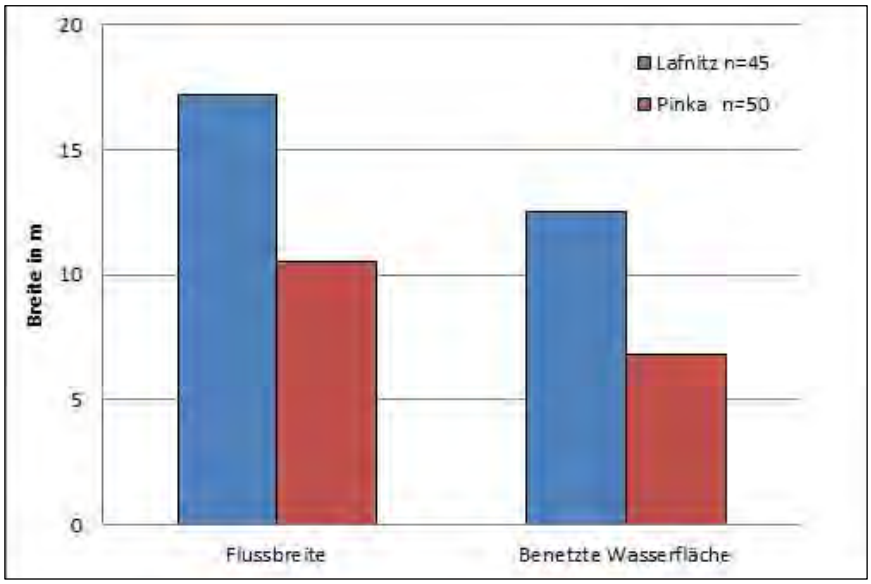


Abbildung 43: Flussbreite sowie benetzte Wasserfläche der beiden Flüsse; EXCEL, 2013

Die größere Flussbreite der Lafnitz spiegelt sich in den erhöhten Daten wider, da sie mit den Werten der benetzten Wasserfläche korrelieren, beziehungsweise aus der benetzten Wasserfläche inklusive den beidseitigen Böschungsbreiten errechnet werden. Dies wird in folgender Tabelle 11 ersichtlich.

Tabelle 11: Korrelation zwischen Flussbreite und benetzter Wasserfläche beider Flüsse; SPSS, 2013

Korrelationen

		Flussbreite	benetzteWasserfl
Flussbreite	Korrelation nach Pearson	1	,859**
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	95	95
benetzteWasserfl	Korrelation nach Pearson	,859**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	
	N	95	95

**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Betrachtet man die benetzte Wasserfläche im Hinblick auf die jeweiligen Flussabschnitte, so ergibt sich folgende Verteilung (siehe Abbildung 44, S. 70).

Die Werte werden jeweils als Durchschnittswert über die Transekte gebildet, welche sich im entsprechenden Flussabschnitt befinden. Bei der Pinka befinden sich viele Transekte im Mittellauf aufgrund der gegebenen Strukturvielfalt, wo hingegen im Unterlauf ein eher einheitliches Erscheinungsbild gegeben ist (siehe Kapitel 3.4 S. 30). Die Verteilung der Transekte an der Lafnitz entspricht dem gegebenen Strukturreichtum, welcher sich über den gesamten Flusslauf erstreckt.

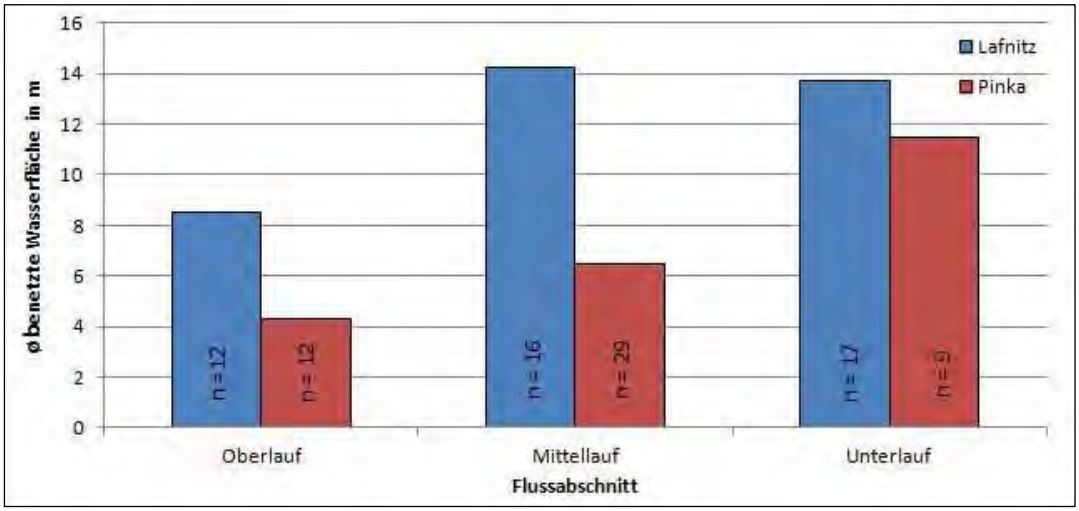


Abbildung 44: Durchschnittliche benetzte Wasserfläche an beiden Flüssen je Flussabschnitt (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

Bei der Pinka kann ein typischer Anstieg der Gewässerbreite vom Ober- zum Unterlauf beobachtet werden. Bei der Lafnitz hingegen wird ab einer Seehöhe von circa 400 m - Übergang des Wechselgebirges zum Flachland - die Flussbreite wesentlich größer und verbleibt in weiterem Verlauf auf diesem Niveau.

5.1.3 Vegetation

Dieses Kapitel widmet sich der Artenzusammensetzung und der Ausprägung der Ufervegetation. Es wird die Dichte, die Bodenbedeckung sowie die Ufersaumkategorie berücksichtigt und graphisch aufbereitet.

Zu Beginn werden die im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Arten dargestellt. Die folgende Abbildung 45 beinhaltet jedoch nur Arten aus den ersten drei Plots inklusive der jeweiligen Böschung, da auf diese spezielles Augenmerk gelegt wurde (siehe Aufnahmebogen Vegetation, Abbildung 28, S. 43). Da beide Ufer separat betrachtet werden, ergibt sich bei 95 Transekten ein maximaler Höchstwert von 190 Stück bei der jeweiligen Pflanzenart. Dies würde bedeuten, dass diese Pflanze an jedem Transekt beidseitig vorkommt. Bei der Strauchschicht sowie bei den Gräsern wurden nur jene Arten berücksichtigt, die wirklich schattenwirksam sind. Diese Arten mussten eine Mindesthöhe von 0,5 m aufweisen.

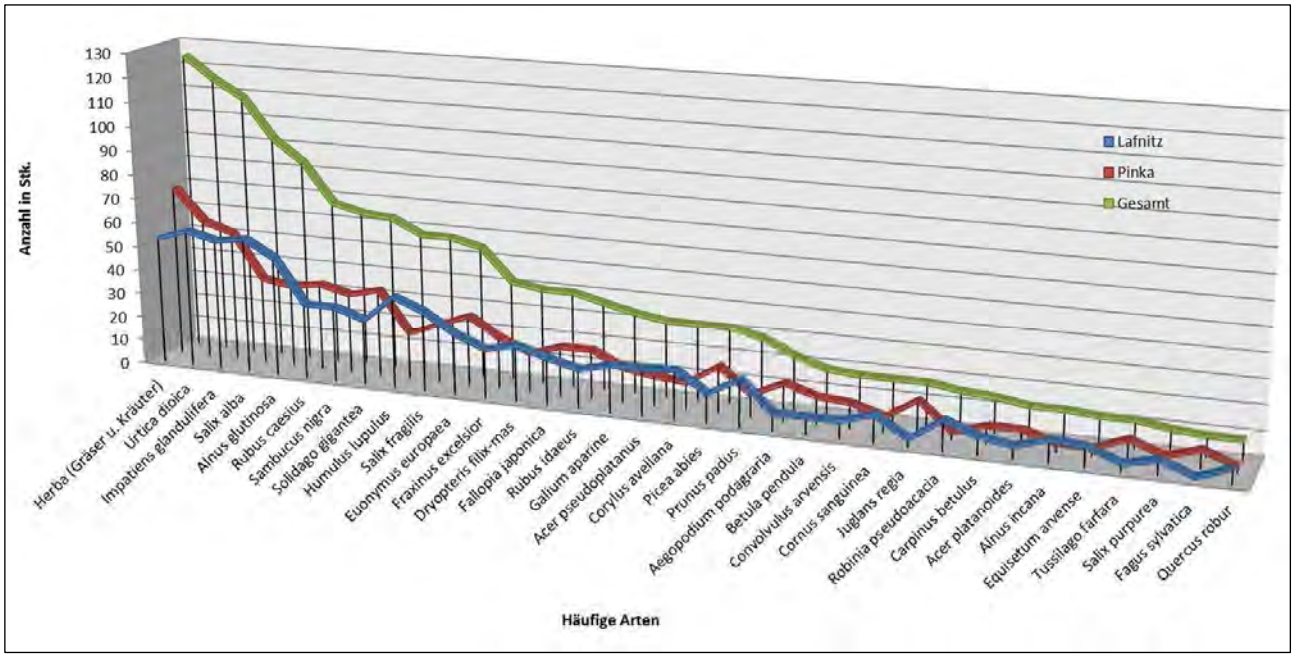


Abbildung 45: Häufige vorgefundene Arten an Lafnitz und Pinka sowie gesamt; Verbindungslinien dienen der Visualiserung; EXCEL, 2013

In der Darstellung werden nur Arten genannt, welche in Summe zumindest 11 mal an beiden Flussläufen vorgefunden wurden. Die Klasse "Herba" setzt sich aus der Gesamtheit der Gräser und Kräuter zusammen mit der Ausnahme besonders hochwachsender krautiger Arten, welche separat erhoben wurden. Daraus resultiert deren verstärktes Auftreten. Es kann aus der Abbildung abgelesen werden, dass sich bezogen auf die Vegetation, die beiden Flussläufe wenig unterscheiden. Vorgefunden wurden überwiegend Arten typischer Auwaldgesellschaften, welche die Ufervegetation ab den Mittelläufen beider Flüsse dominieren. Verstärkt treten Weiden und Erlen sowie hydrophile Kräuter und Gräser auf. Des Weiteren ist zu vermerken, dass sich viele Neophyten entlang der Flussläufe angesiedelt haben. Auffällig häufig findet man das Drüsige Springkraut, die Riesengoldrute und den japanischen Knöterich, welche in Abbildung 46 (S. 72) ersichtlich sind.

Abbildung 46: Vorkommen an Drüsigem Springkraut/*Impatiens glandulifera* (links), Riesengoldrute/*Solidago gigantea* (Mitte) und Japanischer Knöterich/*Fallopia japonica* (rechts); Aufgenommen links 04.07.2013, Mitte 28.07.2013, rechts 10.07.2013

Teilweise treten Massenbestände der zuvor genannten Neophyten auf und verdrängen einheimische Kräuter und Gräser. In sehr dicht bewachsenen Bereichen können diese zudem die natürliche Verjüngung heimischer Baumarten erschweren. Diese Problematik ist jedoch nicht Gegenstand dieser Masterarbeit, die beschattende Wirkung dieser Neophyten ist bei derartiger Ausprägung nicht von der Hand zu weisen.

Um die Bodenbedeckung der vorhandenen Vegetation abbilden zu können, wird die Verteilung der Bedeckungsklassenhöchstwerte (Tabelle 7, S. 46) der jeweiligen Klasse über alle Plots aller Transekte an der Lafnitz und Pinka dargestellt. Anzumerken ist, dass die Bedeckungsklassen relevante beschattende Vegetationselemente ohne Kräuter und Gräser berücksichtigen (Baum 1, Baum 2, Strauch). Die Gräser und Kräuter könnten lediglich an der Böschung einen relevanten Beschattungswert aufweisen, angrenzend an die Böschung kann kein Beschattungspotential mehr davon ausgehen. Zudem sind diese nur über kurze Zeit im Jahr in maximaler Größe ausgeprägt. Die Darstellung hat keine Aussagekraft bezüglich der räumlichen Verteilung der Vegetation. Darauf wird im Verlauf des Kapitels näher eingegangen. Die Klasse 0 in Abbildung 47 deutet darauf hin, dass in jeder der drei Schichten keine Bedeckung gegeben ist, wo hingegen bei Klasse 5 zumindest in einer der drei Schichten eine Bodenbedeckung von mehr als 76 % gegeben ist.

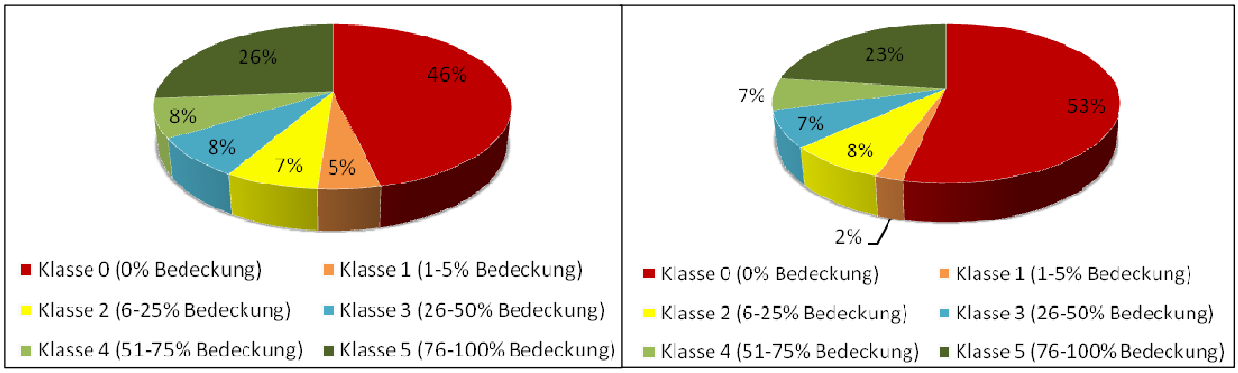


Abbildung 47: Häufigkeit der Bodenbedeckungsklassenhöchstwerte auf Grundlage aller Plots an Lafnitz n=45 (links) und Pinka n=50 (rechts); EXCEL, 2013

An der Lafnitz ist somit erkennbar, dass knapp die Hälfte aller Plots ohne Vegetationsbedeckung auftreten, in voller Bodenbedeckung lediglich ein Viertel. An der Pinka kann eine um 7 % verringerte Anzahl an Plots festgestellt werden, die nicht von strahlungsrelevanter Vegetation bestockt ist, sonst gleicht sich die Verteilung der einzelnen Klassen wie jene an der Lafnitz.

Die folgende Darstellung verdeutlicht die Position der Vegetation, entsprechend deren Nähe zum Gewässer. Dies wird anhand der durchschnittlichen Bedeckungsklassenhöchstwerte je Plot dargestellt.

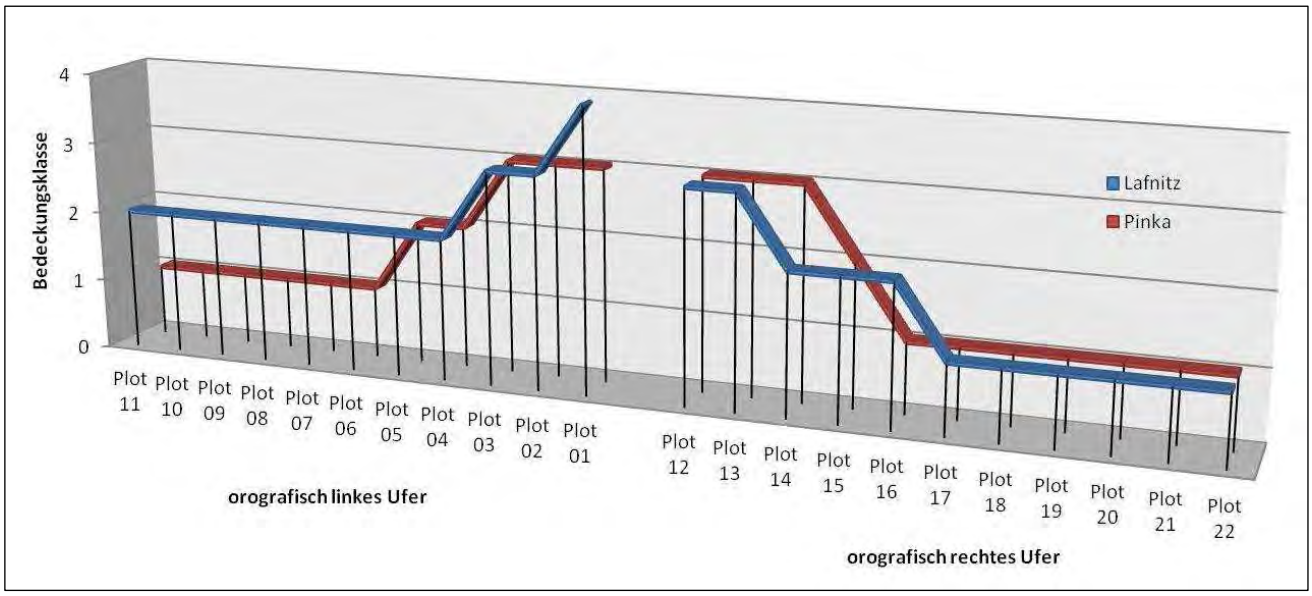


Abbildung 48: Durchschnittliche Bodenbedeckungsklassen je Plot für beide Flüsse (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

In Abbildung 48 wird erkennbar, dass die Bedeckungsklasse 5 über alle drei Schichten gebildet, nicht erreicht wird. Begründen lässt sich dies durch die Mittelwertbildung sowie den vorhandenen Schichtaufbau der bestehenden Vegetation.

Es verfügt lediglich Plot 1 an der Lafnitz, in zumindest einer der drei erhobenen Vegetationsschichten, eine nahe der Klasse 4 überschirmend wirkende Vegetation. Vereinfacht ausgedrückt verdeutlicht die Grafik die Gesamtbodenabdeckung entsprechend der jeweiligen Entfernung vom Wasserkörper.

Bei näherer Betrachtung kann bei der Lafnitz auf der linken Uferseite über die gesamte Transektbreite ein höherer Bedeckungsgrad festgestellt werden als auf der rechten Uferseite. Zudem
besteht an der Lafnitz generell ein höherer Bedeckungsgrad als bei der Pinka.

Bei beiden Flussläufen ist ein Abfall der Vegetationsbedeckung mit zunehmender Entfernung zum Gewässer erkennbar. Dies tritt beidseitig jeweils circa ab 20 - 25 m von der Wasseranschlagskante auf. Danach pendeln sich die Werte auf ein stabiles Niveau ein. Die höchsten Werte werden jeweils in direkter Gewässernähe an den Böschungen aufgrund des größeren Lichtangebotes beobachtet. Nachfolgend werden alle Vegetationsschichten pro Plot in die jeweiligen Bodenbe-

deckungsklassen eingeteilt und gemittelt (siehe Abbildung 49). So verfügt ein Plot über jeweils vier Bodenbedeckungsklassen, welche Auskunft über die Dichte und Höhe der Vegetation geben. So stellt beispielsweise die dunkelgrüne Linie die Dichteverteilung der Vegetation größer 10 m unterschieden je Plot dar.

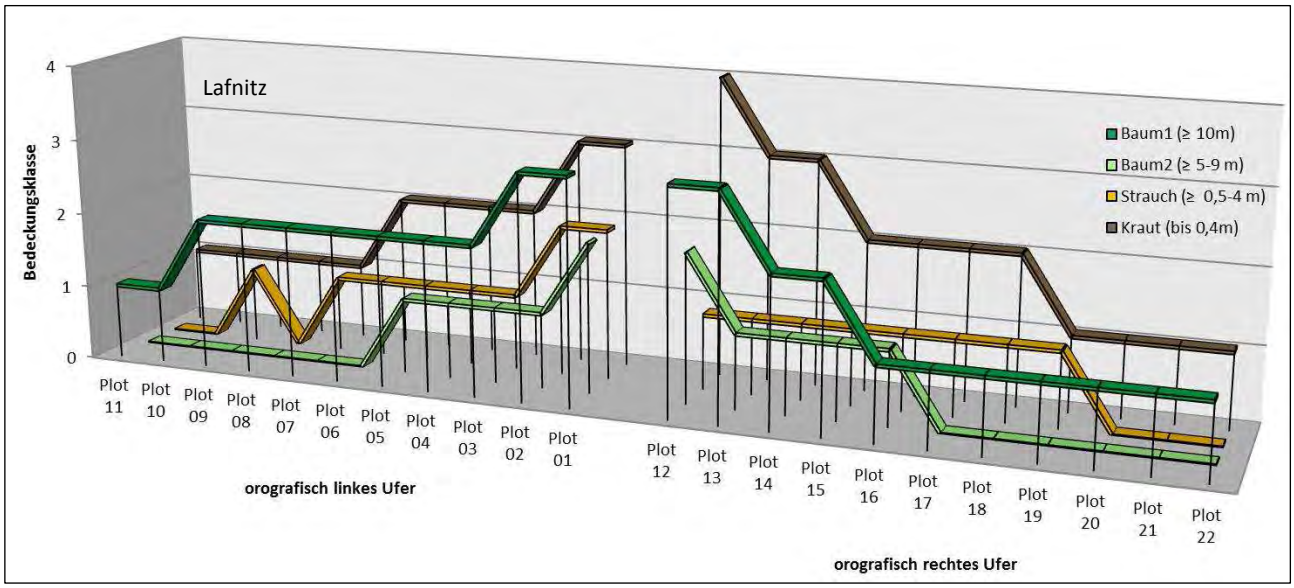


Abbildung 49: Durchschnittliche Bodenbedeckung an der Lafnitz (n=45) je Plot und Bedeckungsklasse je Vegetationsschicht; EXCEL, 2013

Die Abbildung 49 verdeutlicht demnach die Zusammensetzung der Vegetation beidseitig der Lafnitz, wobei die Böschungsplots eine durchschnittlich Breite von jeweils zwei Meter aufweisen. Es kann beobachtet werden, dass die Krautschicht auf der rechten Uferseite die anderen Vegetationstypen stark dominiert. Dies ist an den linken Uferbereichen nur in abgeschwächter Form gegeben.

Der Anteil der Bäume größer 10 m ist gegenüber niedrigeren Bäumen höher, deren Verteilung auf beiden Uferseiten nahezu gleich hoch. Auf der linken Seite nimmt mit zunehmender Entfernung vom Fluss der Anteil an niedrigen Bäumen und Sträucher schneller ab als jene der hohen Bäume, was auf waldähnliche Strukturen zurückzuführen ist. Auf der linken Seite hält sich die Bedeckung von "Baum1" länger in Richtung Umland als auf der rechten Seite. Dies betrifft auch die Strauchschicht, welche sich auf der linken Seite länger hält als die niedrige Baumschicht. Mit einer Entfernung von circa 20 m ab der Wasseranschlagskante werden beidseitig kaum noch niedrige Bäume beobachtet.

Im Vergleich zur Lafnitz verfügt die Pinka über eine ähnliche Verteilung der Bodenbedeckungsklassen über beide Uferseiten, jedoch kann ein stärkerer und schnellerer Abfall beobachtet werden (Abbildung 50, S. 75).

Auch an der Pinka beträgt die durchschnittliche Böschungsbreite beidseitig circa 2 m. Die Krautschicht sowie hohe Bäume sind auf beiden Uferseiten stärker ausgeprägt als die anderen Vegetationsschichten. Zudem stellen diese jene Schichten dar, welche mit zunehmender

Entfernung zum Wasserkörper am häufigsten vorkommen. Die Strauchschicht und Baumschicht 2 indes treten an den linken Ufern nur bis in etwa 12 m Entfernung auf. Diese Entfernung wird rechts auf circa 17 m erweitert.

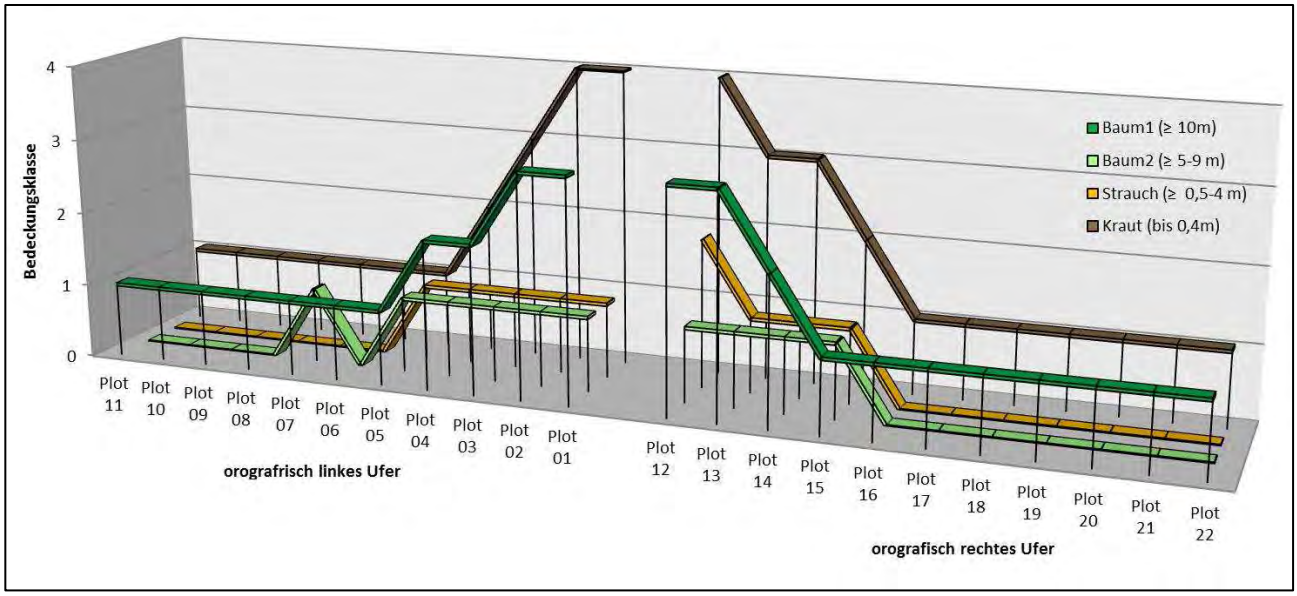


Abbildung 50: Durchschnittliche Bedeckung der Pinka (n=50) je Plot und Bedeckungsklasse je Vegetationsschicht; EXCEL, 2013

Diese Vorgehensweise kann noch weiter verfeinert werden durch Bildung der Bodenbedeckungsklassen und deren Verteilung pro Transekt. Für die Darstellung der Bedeckungsklassenbeschaffenheit eignet sich der Transekt Lafnitz 10 gut (Abbildung 51, S. 76), da beide Ufersäume unterschiedlich beschaffen sind. Der Ufersaum besteht am rechten Ufer aus einem einreihigen Saum, links hingegen einem Mischwald. Interessant bei der Darstellung ist die Tatsache, dass die Gräser und Krautschicht sowie die Strauchschicht einen untergeordneten Stellenwert am linken Ufer haben, da die Baumschichten aufgrund deren Ausformung im Kronendach einen höheren Deckungsgrad erreichen. Den darunter liegenden Vegetationsschichten fehlt offensichtlich aufgrund der Beschattung das notwendige Sonnenlicht.

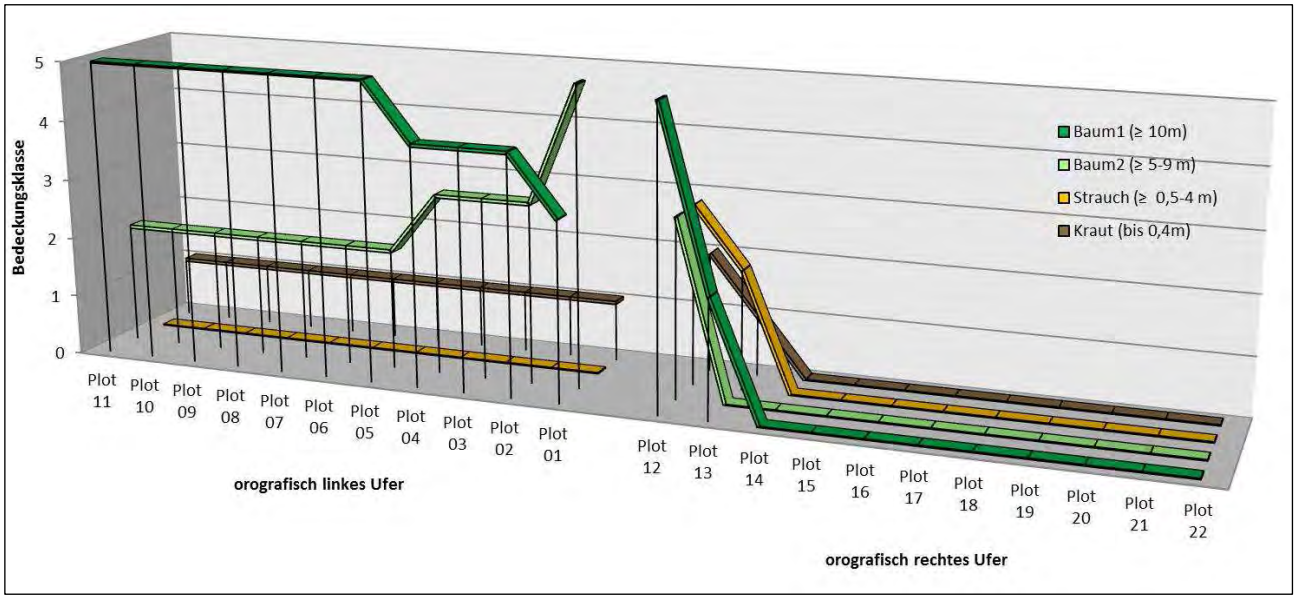


Abbildung 51: Bodenbedeckungsklassen je Plot und Bedeckungsklasse je Vegetationsschicht am Transekt Lafnitz 10; EXCEL, 2013

Um zu verdeutlichen, wie die Ausformung des Kronendaches sowie die generelle Beschaffenheit des Ufersaumes in der Natur aussieht, wird ein Umgebungsfoto angeführt (siehe Abbildung 52)

Abbildung 52: Umgebungsfoto Transekt Lafnitz 10 mit Blick auf den rechten Ufersaum; 09.07.2013

Da es nicht nur Unterschiede in der Vegetationszusammensetzung und Dichte sondern auch in der Ufervegetationsbreite gibt, wird dies in Folge dargestellt. Entsprechend der beschriebenen Methodik wird die vorhandene Ufervegetation in unterschiedliche Klassen eingeteilt. Ausschlaggebendes Kriterium stellt dabei die Gesamtbreite des Ufersaumes in Metern dar. Nach Erhebung der benötigten Werte wurde auf dem Vegetationsaufnahmebogen für beide Ufer die tatsächliche Zugehörigkeit zu einer Ufersaumkategorie definiert.

Die Abbildung 53 zeigt die möglichen Kombinationen der Ufersäume, dargestellt anhand deren Häufigkeit über alle Transekte. Eine Kombination setzt sich aus den Ufersäumen beider Ufer (orographisch links und rechts) zusammen. Das linke Ufer wird zuerst genannt.

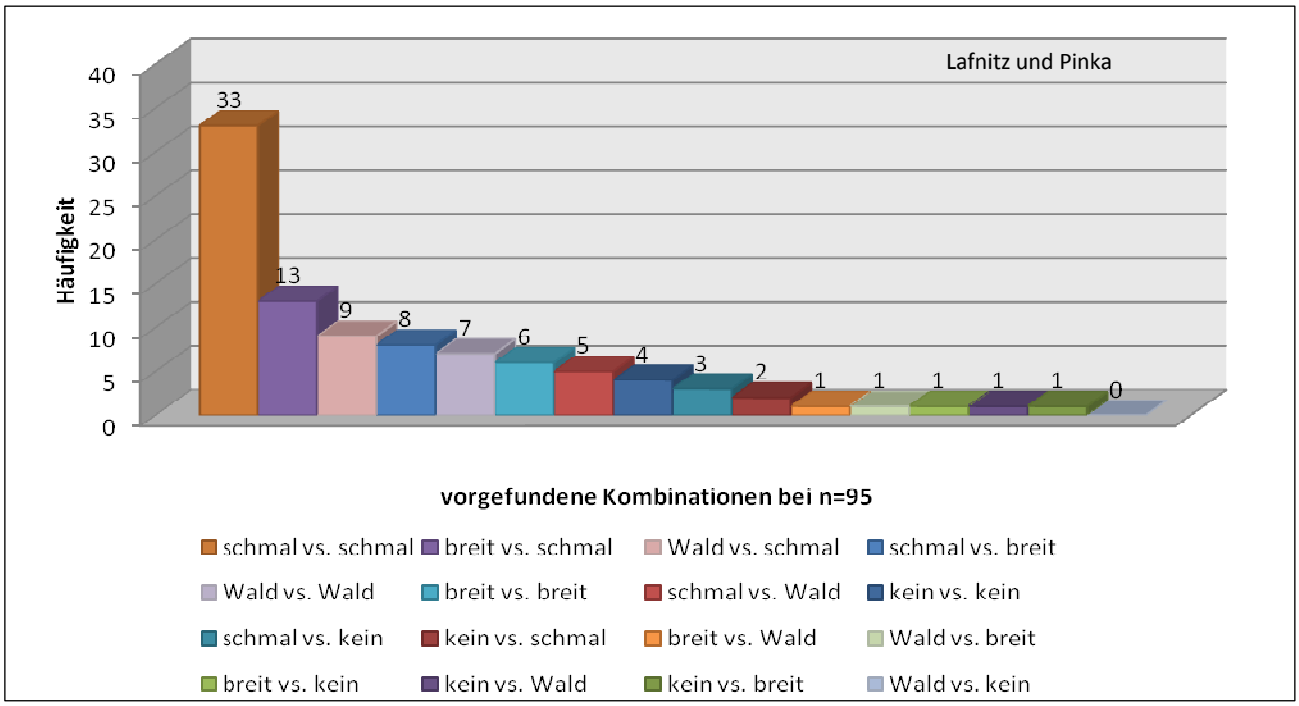


Abbildung 53: Häufigkeit der Ufersaumkombinationen für beide Flüsse (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

Ersichtlich wird, dass die Kombination aus beidseitig schmalem Ufersaum (0 - 20 m), an rund einem Drittel aller Transekte beobachtet werden kann. Vergleichsweise nimmt die absolute Häufigkeit aller anderen stark ab.

Da die Auswahl der Transekte visuell anhand der vorherrschenden Strukturen und Ausprägung des Ufersaumes getroffen wurde, ergibt sich der hohe Wert in der Kombination schmal/schmal. Diese Situation besteht demnach über lange Flussabschnitte. Analog bestehen demnach nur wenige Bereiche, die beidseitig über keinen Ufersaum verfügen.

Gewässerabschnitte, die auf der orographisch linken Uferseite über Wald und der rechten über keinen Bewuchs verfügen, konnten nicht aufgefunden werden. Sollten diese in Realität doch vorhanden sein, so bestehen diese nur an kurzen Gewässerabschnitten und können somit vernachlässigt werden.

Ähnlich der Verteilung bei der Gesamtbetrachtung befinden sich an beiden Flüssen (Abbildung 54) viele Gewässerbereiche, die über einen beidseitig schmalen Ufersaum verfügen. Weiters dominieren Kombinationen wie breit vs. schmal, schmal vs. breit beziehungsweise Wald vs. Wald. In Betracht der Ufersaumbreiten scheinen sich die Flüsse zu ähneln. Es sei an dieser Stelle auf die Bedeckungsklassen verwiesen, anhand deren eine ähnliche Situation erkennbar ist.

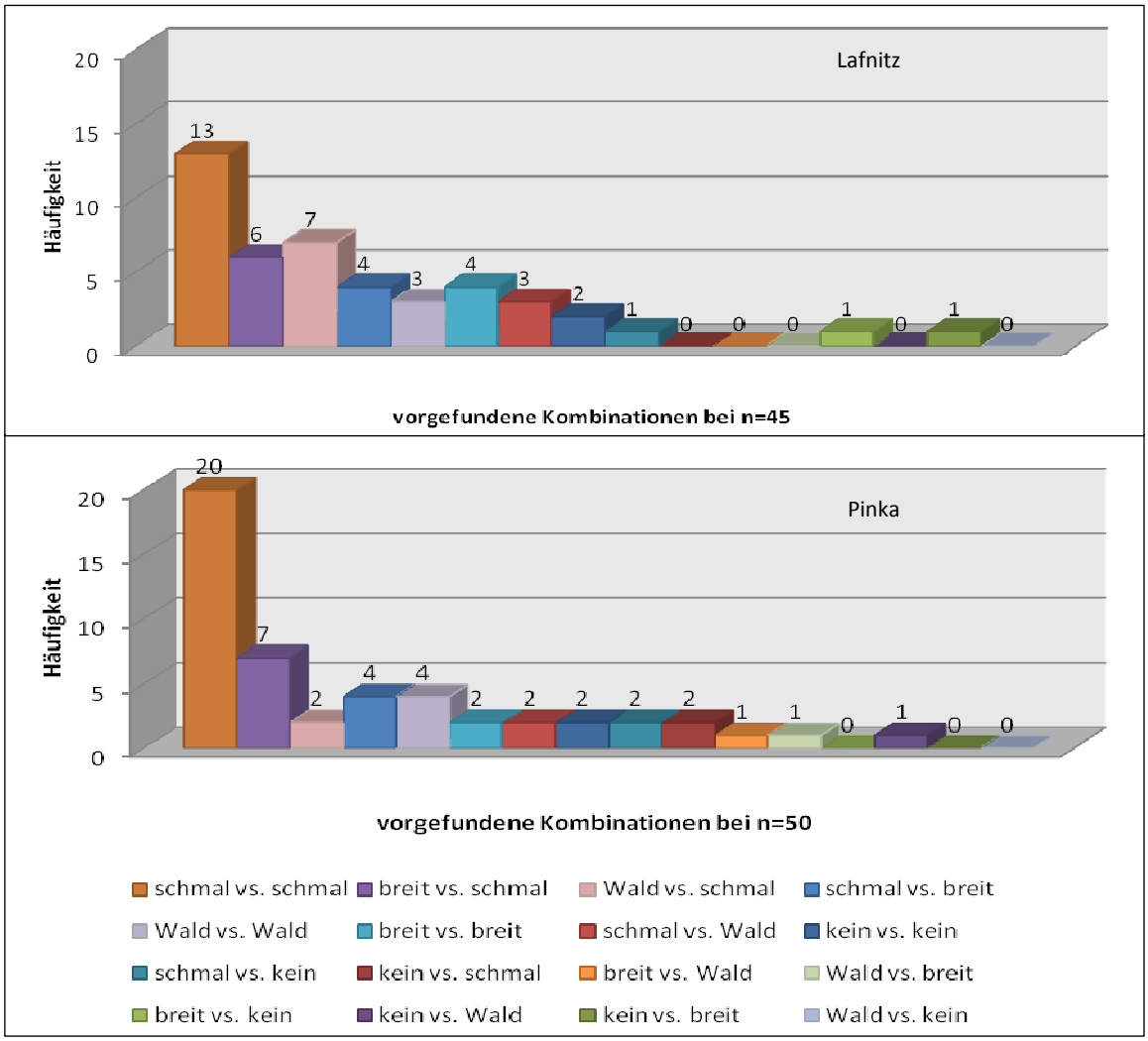


Abbildung 54: Häufigkeit der Ufersaumkombinationen je Kategorie an Lafnitz (oben) und Pinka (unten) (Lafnitz n=45, Pinka n=50); EXCEL, 2013

Da die Ausprägung der Ufervegetation der beiden Ufer teilweise unterschiedlich beschaffen ist, kann es so kleinräumig zu Unterschieden der Beschattung kommen. Diese Problematik wird im folgenden Kapitel 5.2.1 (S. 79) näher erläutert.

5.2 Analyse der Strahlungswerte

Wie bereits unter Kapitel 4.5 (S. 57) erklärt, stellt der Global Site Factor (GSF) Wert den bedeutendsten Wert zur Er-hebung der Strahlungssituation sowie zur Interpretation des Beschattungspotentials der Vegetation dar. In Folge werden die Strahlungswerte der Aufnahmen links und rechts sowie der Flussmitte detailliert dargestellt. Weiters wird der Flussmittenstrahlungswert mit dem zugehörigen Mittelwert an dieser Stelle - gebildet über den Transektquerschnitt - verglichen. Berücksichtigt werden auch die tages- und jahreszeitlichen Veränderungen der Strahlungssituation.

5.2.1 Prüfung der Eignung des GSF Wertes in der Flussmitte

In diesem Kapitel wird geprüft, ob der Flussmitten GSF Wert die Strahlungssituation über den Flussquerschnitt beschreibt. Für die Erstellung des Streudiagramms (siehe Abbildung 55) wurden die Ganztages-GSF-Werte der im Sommer getätigten Flussmittenaufnahmen beider Flüsse in Prozent, sowie die Strahlungsdurchschnittswerte die über den jeweiligen Flussquerschnitt gebildet wurden, herangezogen. Der Flussmittenwert ist deshalb von Bedeutung, da er die Vegetation beider Uferseiten gleichermaßen berücksichtigt. Die Durchschnittswerte setzen sich aus den entsprechenden Strahlungswerten der beiden Ufer (orographisch links und rechts) sowie dem bereits zuvor erwähnten Strahlungswert aus der Flussmitte zusammen. Die Darstellung des GSF Wertes erfolgt in Prozent.

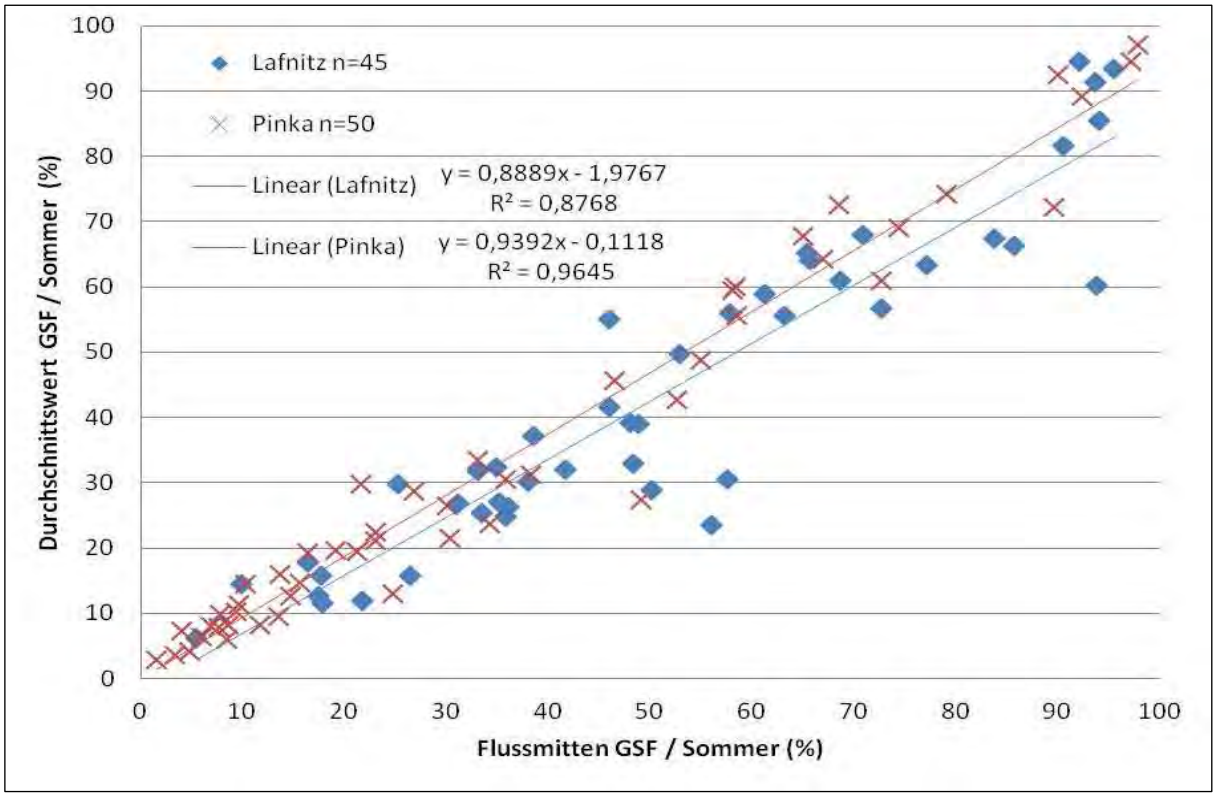


Abbildung 55: Gegenüberstellung des GSF Sommer/Flussmitten/Ganztageswertes in % zum gebildeten GSF Sommer/Durchschnitt/Ganztageswert der 3 Aufnahmen in % (OL,M,OR); EXCEL, 2013

Der Vergleich soll Aufschluss über eine mögliche Eignung der entsprechenden Werte zur weiteren Bestimmung des Einflusses der Ufervegetation auf die Strahlungsmenge liefern. Aus dem Streudiagramm wird erkennbar, dass die Streuung der Wertepaare an der Lafnitz größer ist als jene der Pinka, dies jedoch an weniger Transekten. Zudem kann ein linearer Zusammenhang bei beiden Flüssen beobachtet werden. Dieser bringt zum Ausdruck, dass an einem Transekt mit starker Einstrahlung in der Flussmitte, in den meisten Fällen auch mit starker Strahlung über den Gewässerquerschnitt zu rechnen ist. Zu berücksichtigen dabei ist jedoch, dass bei der Durchschnittswertbildung die Strahlungswerte der Flussmitten mit eingerechnet werden.

In weiterer Folge werden für einen zusätzlichen Vergleich die Differenzen aus den *Flussmitten GSF-Werten minus der Durchschnittswerte* über den Transekt errechnet (siehe Tabelle 12 , S. 82 und Tabelle 13, S. 83).

Ziel ist es herauszufinden, welcher der jeweiligen Werte am besten dafür geeignet ist die Strahlungssituation an einem Transekt zu beschreiben. Die so errechneten Differenzen sind als Absolutwerte zu verstehen und geben Aufschluss darüber, ob sich der Durchschnittswert von den Werten in der Flussmitte unterscheidet. Ergeben sich große Differenzen, so bestehen unterschiedlich starke Einstrahlungsmengen über den Gewässerquerschnitt im Vergleich zur Flussmitte.

In weiterer Folge wird der Durchschnittswert aus den einzelnen Differenzwerten gebildet um einen Grenzwert zu erhalten (= Durchschnittswert der Differenzen). Nach Analyse der Ergebnisse kann beobachtet werden, dass der Durchschnittswert der Differenzen an der Lafnitz bei rund 8 % und an der Pinka bei rund 2 % liegt. Trotz dieses Ergebnisses bestehen an einigen Stellen wesentlich größere Abweichungen der beiden Strahlungswerte, dies speziell an der Lafnitz. An Transekten, an denen größere Werte als durch den gebildeten Durchschnittswert der Differenzen errechnet werden, sind rot hervorgehoben. An diesen bestehen somit größere Unterschiede in der Strahlungsmenge von der Flussmitte zu den Ufern. Bei der Lafnitz beträgt die größte Abweichung 34 %, wo hingegen an der Pinka die größte Abweichung lediglich 22 % beträgt.

Dies lässt den Schluss zu, dass die in der Flussmitte gewonnenen Strahlungswerte an der Pinka besser dafür geeignet sind den jeweiligen Transekt zu beschreiben als bei der Lafnitz.

An 19 von 45 Transekten der Lafnitz kann ein Unterschied in der Strahlungsmenge festgestellt werden. An der Pinka, die über 50 Transekte verfügt, werden an 26 Transekten Abweichungen vom Durchschnittswert beobachtet.

Schlussfolgernd können an der Pinka 54 % der Transekte allein durch die Strahlung in der Flussmitte beschrieben werden. An der Lafnitz lassen sich 51 % der Transekte allein durch die Strahlungswerte in der Flussmitte beschreiben. Der gebildete Grenzwert, errechnet für beide Flüsse, stellt eine scharfe Abgrenzung dar, wodurch eine Vielzahl an Werten, die dieser Grenze naheliegen, automatisch als nicht geeignet ausgewiesen werden. Würde man diese Grenze um einige Prozent erweitern, so würden viel weniger Transekte über eine größere Abweichung verfügen. Es bestehen nur wenige Ausreißer, die über größere Streuung verfügen, somit beschreibt der Flussmittenwert des jeweiligen Transektes die Strahlungsintensität ausreichend. Dies wird durch das Streudiagramm (Abbildung 55, S. 79) durch den linearen Zusammenhang verdeutlicht.

Hierbei muss angemerkt werden, dass das Mittefoto aussagekräftiger ist, wenn beidseitig der Ufer viel Vegetation vorherrschend und die benetzte Wasserfläche klein ist. Wenn keine oder sehr wenig Vegetation an den Ufern vorhanden ist, spielt die benetzte Wasserfläche eine untergeordnete Rolle, außer die Böschungen sind sehr stark ausgeprägt.

Analog dieser Vorgehensweise wurde ein Faktor gebildet der sich aus der Division aus *Flussmitten / Sommer GSF-Wert durch Durchschnittswert / Sommer GSF (OL, M, OR)* errechnet.

Dieser Faktor beschränkt sich bei der Lafnitz auf den Wertebereich zwischen 0,69 und 2,39 und bei der Pinka zwischen 0,56 und 1,89.

Interpretieren lassen sich die Werte wie folgt.

Faktor 1 = Kein Unterschied zwischen Flussmittenstrahlungswert zum Strahlungsdurchschnittswert

Faktor < 1 = Zumindest ein Ufer wird schlechter beschattet als die Flussmitte

Faktor > 1 = Zumindest ein Ufer wird besser beschattet als die Flussmitte

An 6 Stellen der Lafnitz tritt der Fall ein, dass zumindest ein Ufer schlechter beschattet ist als die Flussmitte des jeweiligen Transektes. Bei der Pinka tritt dieses Phänomen mit 20 Stellen wesentlich häufiger auf.

Somit drückt der Faktor aus, wie die einzelnen Werte sich zueinander verhalten und streuen. Die stärkste Aussagekraft erhält der Faktor bei Bildung des Durchschnittswertes. Ist dieser nahe bei 1, so besteht in Summe gesehen über die Menge an Transekten kaum eine Abweichung aus den Werten in der Flussmitte zum gebildeten Durchschnittswert über den gesamten Transektquerschnitt. Dies trifft aufgrund der errechneten Werte von 1,07 bei der Pinka und 1,23 bei der Lafnitz zu.

Anzumerken ist, dass Pinka 01 aus dem Vergleich genommen werden muss, da an diesem Transekt lediglich eine hemisphärische Aufnahme gemacht wurde. Dadurch ergeben sich die Differenz von 0 und ein Faktor von 1.

Somit eignen sich die Flussmitten Strahlungswerte für eine weiterführende Gegenüberstellung mit den Einflussgrößen, welche in Kapitel 5.3 (S. 101) erläutert werden. Für die Prüfung der jahres- und tageszeitlichen Unterschiede werden die Seitenaufnahmen jedoch mit berücksichtigt.

Tabelle 12: Vergleich der GSF - Werte aus Mitte zu Durchschnittswert an der Lafnitz; 2013

Fluss / ID	M_S_GSF Flussmitte/Sommer 04:10-19:50	Durchschnittswert GSF OL,M,OR / Sommer 04:10-19:50	Differenz	Faktor
	Flussmitte-GSF / Prozent	*Durchschnitt-GSF / Prozent*	*absolut / Prozent*	
Lafnitz / L45	0,9381 / 94	0,6027 / 60	0,3354 / 34	1,56
Lafnitz / L44	0,5605 / 56	0,2350 / 23	0,3256 / 33	2,39
Lafnitz / L16	0,5756 / 58	0,3054 / 31	0,2702 / 27	1,88
Lafnitz / L43	0,5022 / 50	0,2882 / 29	0,2140 / 21	1,74
Lafnitz / L12	0,8570 / 86	0,6636 / 66	0,1935 / 19	1,29
Lafnitz / L15	0,8372 / 84	0,6729 / 67	0,1643 / 16	1,24
Lafnitz / L14	0,7266 / 73	0,5676 / 57	0,1590 / 16	1,28
Lafnitz / L33	0,4834 / 48	0,3284 / 33	0,1550 / 15	1,47
Lafnitz / L35	0,7708 / 77	0,6338 / 63	0,1370 / 14	1,22
Lafnitz / L42	0,3582 / 36	0,2475 / 25	0,1107 / 11	1,45
Lafnitz / L38	0,2650 / 26	0,1575 / 16	0,1074 / 11	1,68
Lafnitz / L11	0,4885 / 49	0,3896 / 39	0,0989 / 10	1,25
Lafnitz / L20	0,3614 / 36	0,2626 / 26	0,0988 / 10	1,38
Lafnitz / L37	0,2178 / 22	0,1194 / 12	0,0984 / 10	1,82
Lafnitz / L26	0,4167 / 42	0,3198 / 32	0,0969 / 10	1,30
Lafnitz / L09	0,9055 / 91	0,8153 / 82	0,0902 / 9	1,11
Lafnitz / L03	0,4803 / 48	0,3919 / 39	0,0884 / 9	1,23
Lafnitz / L41	0,9412 / 94	0,8551 / 86	0,0861 / 9	1,10
Lafnitz / L07	0,3526 / 35	0,2691 / 27	0,0834 / 8	1,31
Lafnitz / L06	0,3354 / 34	0,2536 / 25	0,0818 / 8	1,32
Lafnitz / L08	0,3807 / 38	0,3017 / 30	0,0790 / 8	1,26
Lafnitz / L04	0,6870 / 69	0,6091 / 61	0,0779 / 8	1,13
Lafnitz / L17	0,6326 / 63	0,5565 / 56	0,0760 / 8	1,14
Lafnitz / L36	0,1793 / 18	0,1148 / 11	0,0645 / 6	1,56
Lafnitz / L10	0,1749 / 17	0,1263 / 13	0,0486 / 5	1,39
Lafnitz / L21	0,4602 / 46	0,4157 / 42	0,0445 / 4	1,11
Lafnitz / L23	0,3119 / 31	0,2677 / 27	0,0442 / 4	1,16
Lafnitz / L30	0,5285 / 53	0,4965 / 50	0,0320 / 3	1,06
Lafnitz / L29	0,7082 / 71	0,6791 / 68	0,0243 / 3	1,04
Lafnitz / L34	0,3491 / 35	0,3241 / 32	0,0249 / 2	1,08
Lafnitz / L18	0,6127 / 61	0,5885 / 59	0,0243 / 2	1,04
Lafnitz / L19	0,9372 / 94	0,9132 / 91	0,0240 / 2	1,03
Lafnitz / L40	***0,9553 / 96***	***0,9345 / 93***	***0,0208 / 2***	***1,02***
Lafnitz / L27	0,1777 / 18	0,1576 / 16	0,0200 / 2	1,13
Lafnitz / L05	0,5783 / 58	0,5594 / 56	0,0189 / 2	1,03
Lafnitz / L22	0,6572 / 66	0,6400 / 64	0,0172 / 2	1,03
Lafnitz / L13	0,3857 / 39	0,3716 / 37	0,0140 / 1	1,04
Lafnitz / L31	0,3310 / 33	0,3186 / 32	0,0123 / 1	1,04
Lafnitz / L25	0,6544 / 65	0,6518 / 65	0,0027 / 0	1,00
Lafnitz / L01	*0,0552 / 6*	*0,0619 / 6*	*-0,0067 / -1*	*0,89*
Lafnitz / L28	0,1651 / 17	0,1775 / 18	-0,0124 / -1	0,93
Lafnitz / L02	0,9217 / 92	0,9440 / 94	-0,0223 / -2	0,98
Lafnitz / L32	0,0995 / 10	0,1444 / 14	-0,0449 / -4	0,69
Lafnitz / L39	0,2526 / 25	0,2977 / 30	-0,0452 / -5	0,85
Lafnitz / L24	0,4602 / 46	0,5507 / 55	-0,0904 / -9	0,84
45 Transekte	*23 Abweichungen*			
Durchschnitt	0,5118 / 51	0,4352 / 44	0,0766 / 8	1,23
Minimum	*0,0552 / 6*	*0,0619 / 6*	*0,0027 / 0*	*0,69*
Maximum	***0,9553 / 96***	***0,9440 / 94***	***0,3354 / 34***	***2,39***

Tabelle 13: Vergleich der GSF - Werte aus Mitte zu Durchschnittswert an der Pinka; 2013

Fluss / ID	M_S_GSF Flussmitte/Sommer 04:10-19:50	Durchschnittswert GSF OL,M,OR / Sommer 04:10-19:50	Differenz	Faktor
	Flussmitte-GSF / Prozent	*Durchschnitt-GSF / Prozent*	*absolut / Prozent*	
Pinka / P38	0,4917 / 49	0,2736 / 27	0,2180 / 22	1,80
Pinka / P23	0,8969 / 90	0,7210 / 72	0,1759 / 18	1,24
Pinka / P17	0,7269 / 73	0,6058 / 61	0,1184 / 12	1,19
Pinka / P24	0,2472 / 25	0,1305 / 13	0,1167 / 12	1,89
Pinka / P44	0,3428 / 34	0,2368 / 24	0,1059 / 11	1,45
Pinka / P43	0,5263 / 53	0,4257 / 43	0,1006 / 10	1,24
Pinka / P45	0,3042 / 30	0,2137 / 21	0,0905 / 9	1,42
Pinka / P49	0,3835 / 38	0,3123 / 31	0,0713 / 7	1,23
Pinka / P21	0,5500 / 55	0,4880 / 49	0,0620 / 6	1,13
Pinka / P27	0,3590 / 36	0,3041 / 30	0,0549 / 5	1,18
Pinka / P09	0,7439 / 74	0,6899 / 69	0,0540 / 5	1,08
Pinka / P29	0,7903 / 79	0,7427 / 74	0,0476 / 5	1,06
Pinka / P28	0,1354 / 14	0,0945 / 9	0,0409 / 4	1,43
Pinka / P47	0,3012 / 30	0,2644 / 26	0,0368 / 4	1,14
Pinka / P48	0,1173 / 12	0,0826 / 8	0,0348 / 3	1,42
Pinka / P26	0,9241 / 92	0,8916 / 89	0,0325 / 3	1,04
Pinka / P13	0,5852 / 59	0,5555 / 56	0,0297 / 3	1,05
Pinka / P39	0,6694 / 67	0,6417 / 64	0,0276 / 3	1,04
Pinka / P16	0,9724 / 97	0,9449 / 94	0,0274 / 3	1,03
Pinka / P22	0,0853 / 9	0,0589 / 6	0,0264 / 3	1,45
Pinka / P41	0,1477 / 15	0,1266 / 13	0,0211 / 2	1,17
Pinka / P07	0,2311 / 23	0,2103 / 21	0,0208 / 2	1,10
Pinka / P19	0,2121 / 21	0,1948 / 19	0,0172 / 2	1,09
Pinka / P50	0,1567 / 16	0,1458 / 15	0,0109 / 1	1,07
Pinka / P34	0,4655 / 47	0,1563 / 46	0,0092 / 1	1,02
Pinka / P03	0,2310 / 23	0,2234 / 22	0,0076 / 1	1,03
Pinka / P30	**0,9778 / 98**	**0,9704 / 97**	**0,0074 / 1**	**1,01**
Pinka / P04	0,0489 / 5	0,0418 / 4	0,0071 / 1	1,17
Pinka / P36	0,0864 / 9	0,0823 / 8	0,0040 / 0	1,05
(Pinka / P01)	(0,0348 / 3)	(0,0348 / 3)	(0,0000 / 0)	(1,00)
Pinka / P12	0,0769 / 8	0,0788 / 8	-0,0020 / 0	0,98
Pinka / P02	0,0609 / 6	0,0632 / 6	-0,0023 / 0	0,96
Pinka / P18	0,3313 / 33	0,3352 / 34	-0,0039 / 0	0,99
Pinka / P08	0,1918 / 19	0,1963 / 20	-0,0045 / 0	0,98
Pinka / P37	0,0936 / 9	0,1030 / 10	-0,0093 / -1	0,91
Pinka / P46	0,696 / 7	0,0798 / 8	-0,0102 / -1	0,87
Pinka / P40	*0,0163 / 2*	*0,0281 / 3*	*-0,0117 / -1*	*0,58*
Pinka / P25	0,5807 / 58	0,5935 / 59	-0,0129 / -1	0,98
Pinka / P06	0,0966 / 10	0,1129 / 11	-0,0163 / -2	0,86
Pinka / P32	0,5831 / 58	0,5999 / 60	-0,0168 / -2	0,97
Pinka / P10	0,2688 / 27	0,2863 / 29	-0,0175 / -2	0,94
Pinka / P31	0,0778 / 8	0,0986 / 10	-0,0207 / -2	0,79
Pinka / P33	0,1372 / 14	0,1583 / 16	-0,0211 / -2	0,87
Pinka / P15	0,9002 / 90	0,9243 / 92	-0,0241 / -2	0,97
Pinka / P20	0,1644 / 16	0,1919 / 19	-0,0275 / -3	0,86
Pinka / P14	0,6499 / 65	0,6780 / 68	-0,0281 / -3	0,96
Pinka / P05	0,0410 / 4	0,0731 / 7	-0,0321 / -3	0,56
Pinka / P11	0,6857 / 69	0,7247 / 72	-0,0390 / -4	0,95
Pinka / P35	0,1036 / 10	0,1452 / 15	-0,0416 / -4	0,71
Pinka / P42	0,2162 / 22	0,2967 / 30	-0,0806 / -8	0,73
50 Transekte	*27 Abweichungen*			
Durchschnitt	***0,3618 / 36***	***0,3387 / 34***	***0,0231 / 2***	***1,07***
Minimum	*0,0163 / 2*	*0,0281 / 3*	*0,0020 / 0*	*0,56*
Maximum	***0,9778 / 98***	***0,9704 / 97***	***0,2180 / 22***	***1,89***

5.2.2 Tageszeitliche Unterschiede

Die folgende Analyse stellt die ganztags und mittags GSF Werte anhand deren Verteilung im Flussquerschnitt dar. Die einzelnen Punkte im Streudiagramm (Abbildung 56) stehen für die gemessenen Strahlungswerte der Flussmitte sowie der jeweiligen Ufer an der Lafnitz. Erkennbar wird ein polynomischer Zusammenhang aller Stellen, welcher sich ab einem GSF Mittagswertes von rund 90 % und GSF Ganztageswertes 60 % abflacht.

Abzulesen ist, dass die Mittagswerte bis auf wenige Ausreißer höher sind als die zugehörigen Ganztageswerte. Zudem sind bei den Ausreißern die Abweichungen nicht groß. Weiters kann entnommen werden, dass die Strahlungsintensität in der Flussmitte sowohl mittags als auch ganztags stärker ausfällt als an den Ufern.

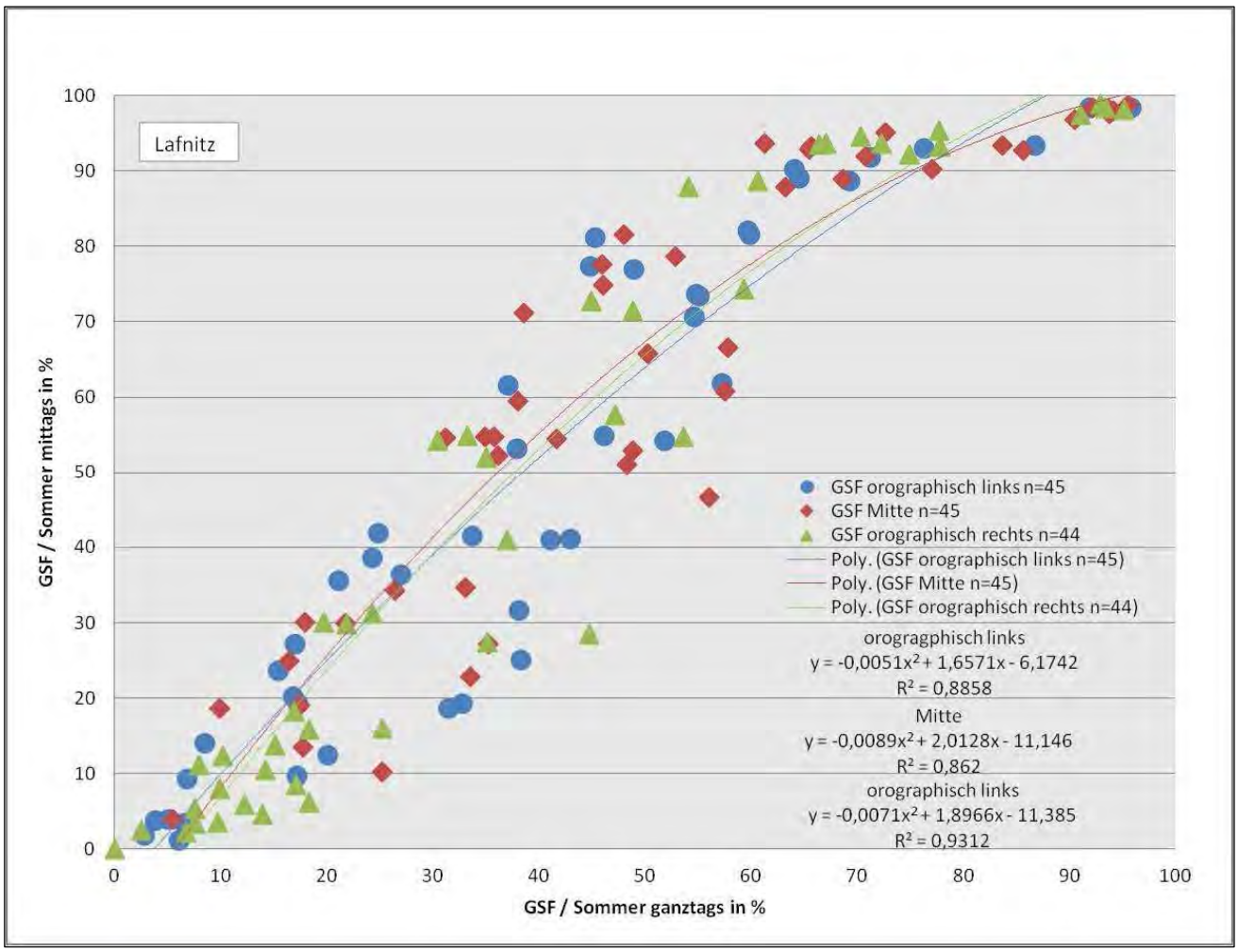


Abbildung 56: Vergleich der GSF Werte ganztags zu mittags an der Lafnitz; EXCEL, 2013

Analog zum Diagramm der Lafnitz kann an der Pinka festgestellt werden, dass ebenfalls ein polynomischer Zusammenhang erkennbar ist, jedoch mit größeren Abweichungen der Ausreißer. Gleichermaßen flacht sich die Kurve bei den hohen Werten ab.

Weiters sind zwei voneinander getrennte Punkteschwärme zu erkennen, der untere Cluster befindet sich in einem Bereich bis 50 % ganztags und 50 % mittags, der Zweite wird ab 60 % ganztags beziehungsweise 70 % mittags beschrieben.

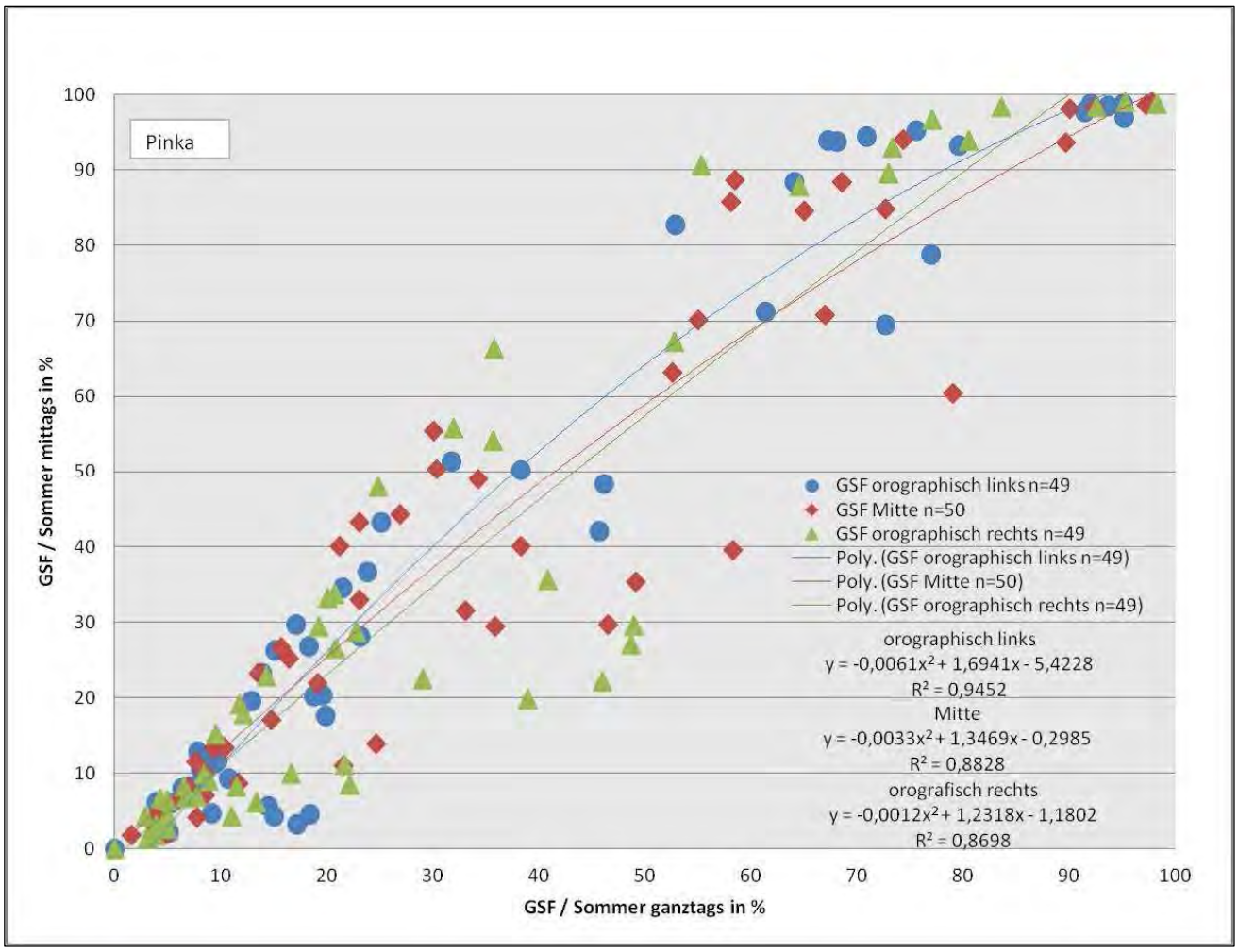


Abbildung 57: Vergleich der GSF Werte ganztags zu mittags an der Pinka; EXCEL, 2013

Im Kapitel 5.2.1 (S. 79) wurde gezeigt, dass die Flussmittenaufnahmen im Ganztageszeitraum, über den Flussquerschnitt gebildet, repräsentativ herangezogen werden können, um die Transekte zu beschreiben. Es ergibt sich zudem eine ähnliche Verteilung dieser Werte über den Mittagszeitraum (siehe Abbildung 65, S. 97 und Abbildung 66, S. 98), wodurch bei der Herausarbeitung der Unterschiede zwischen Mittags- und Ganztagesstrahlung auf die Uferwerte verzichtet werden kann.

In der folgenden Abbildung 58 (S. 86) werden aus diesem Grund lediglich die Strahlungswerte aus den Flussmitten der beiden Flüsse miteinander verglichen. Dies geschieht anhand eines Histogramms, welches die GSF Werte in Klassen mit einer Schrittweite von 10 % unterteilt. Die blauen Balken stellen die Ganztageswerte, die gelben die Mittagswerte dar.

Mehr als die Hälfte der Transekte der Pinka über beide Zeiträume befinden sich in einem Wertebereich bis zu einem GSF Wert von 40 %. Das Vorkommen von erhöhten GSF Werten verringert sich zunehmend. Lediglich beim Bereich zwischen 90 und 100 % steigt der Wert sprunghaft an.

Dies lässt sich dadurch begründen, dass einige Transekte an der Pinka über wenig bis keine Vegetation verfügen, die beschattend wirken kann.

An der Lafnitz stellt sich das Bild genau umgekehrt dar, weil die Mehrheit der Transekte einen GSF Wert ab 40 % aufweisen. Ähnlich der Pinka verringern sich die Werte bis zur Klasse 90 bis 100 %, wo sie wieder sprunghaft ansteigen. Da in diesem Wertebereich vor allem die Mittagsstrahlungswerte ansteigen, ist dies ein Indiz für die größere Flussbreite an der Lafnitz.

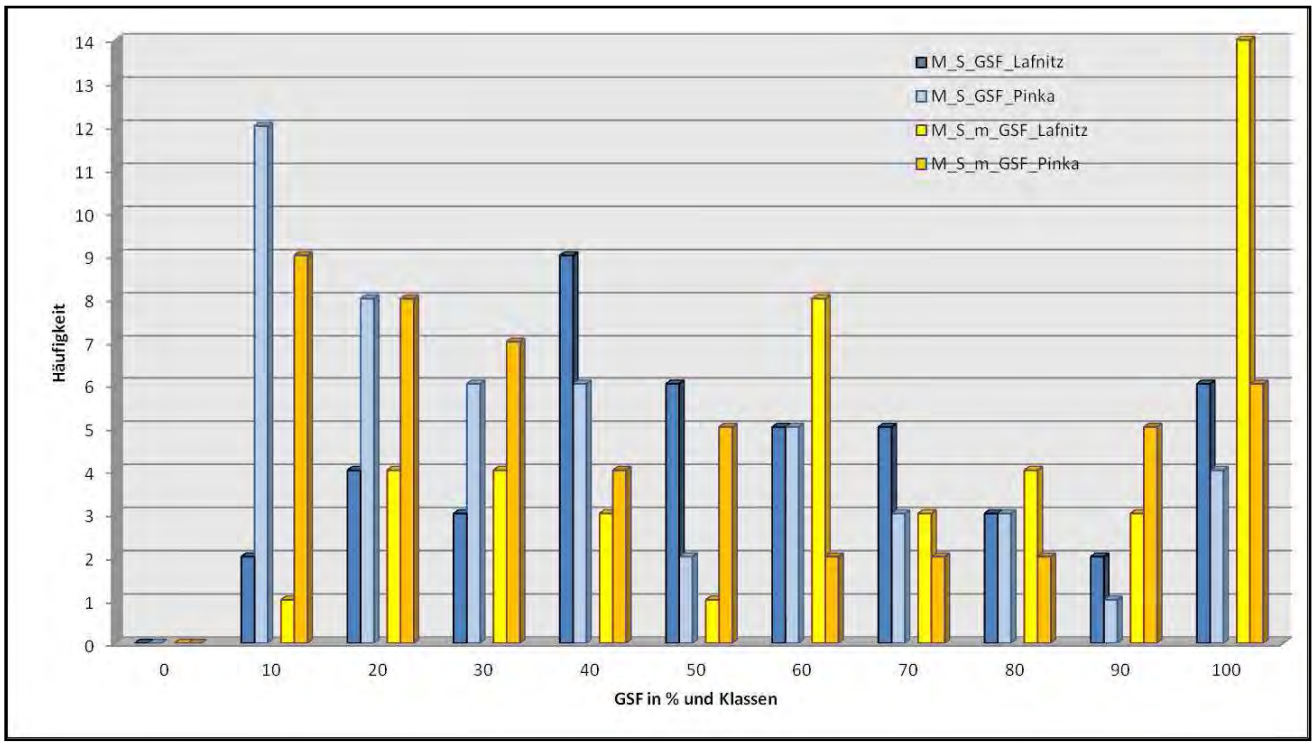


Abbildung 58: Verteilung der Sommer (S) GSF Werte in der Flussmitte (M) an der Lafnitz n=45 und Pinka n=50 ganztags (blau) zu mittags (gelb) in Klassen; EXCEL, 2013

Die Einflussfaktoren im Tagesverlauf bleiben bei beiden GSF-Werten gleich, lediglich der Sonnenstand und Winkel verändern sich. Wie bereits durch die vorangegangenen Streudiagramme erkennbar ist, bestehen teilweise große Abweichungen mit bis zu 30 % zwischen den Mittags- und Ganztagesstrahlungswerte, welche nachfolgend erklärt werden und in Abbildung 59 (S. 87) ersichtlich sind. Es ist erkennbar, dass an den meisten Transekten die Mittagsstrahlungswerte höher sind als jene über den gesamten Tag. Dies lässt sich damit begründen, dass die Sonnenstrahlung über den Mittagszeitraum verstärkt ungehindert auf die Wasseroberfläche treffen kann (Abbildung 22, S. 38). An Transekten mit größerer Streuung zwischen den Mittags- und Ganztagesstrahlungswerten muss zumindest ein Ufer mit Vegetation bestockt, beziehungsweise in Gewässernähe diese Vegetation vorhanden sein. Zudem bedingt der Unterschied zumindest eine Lücke in der Vegetation, wodurch bei der Veränderung des Sonnenstandes das Licht eindringen kann. Bei den Transekten, an denen die Strahlungswerte geringe Unterschiede aufweisen, besteht entweder sehr wenig beziehungsweise sehr viel Vegetation.

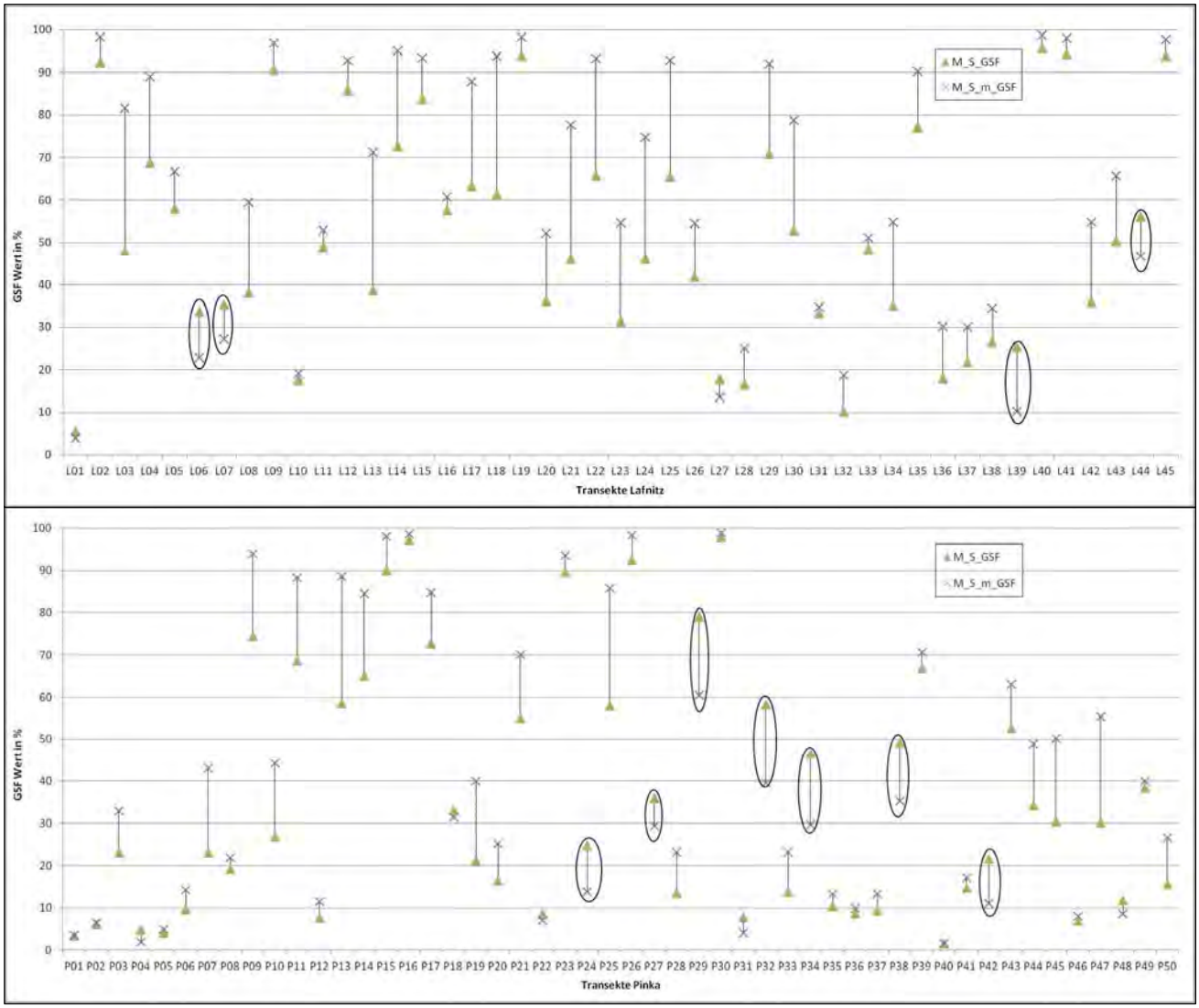


Abbildung 59: Vergleich der Sommer (S) GSF – Werte der Flussmitten (M) ganztags (grün) zu mittags (violett) an Lafnitz (oben) und Pinka (unten) 2013; EXCEL, 2013

Einige Transekte verfügen jedoch über eine bis zu 20 % stärkere Beschattung über den Mittagszeitraum. Es handelt sich hier um vier Transekte an der Lafnitz und sieben Transekte an der Pinka, die mit einer Ellipse hervorgehoben wurden.

Bei genauer Betrachtung dieser Transekte sieht man, dass die Hauptursache für die Unterschiede die Vegetation oder sonstige beschattende Elemente sind. Diese bewirken, dass im Zeitraum zwischen 10 - 14 Uhr das Sonnenlicht besser abgeschirmt wird. Da bei diesen Transekten außer der Vegetation keine Elemente vorhanden sind die eine beschattende Wirkung aufweisen, kann alleine die Vegetation den Unterschied bewirken. Als Beispiel hierfür kann der Transekt Pinka 27 herangezogen werden (siehe Abbildung 60, S. 88)

Anzumerken ist hier jedoch, dass die Höhe und Dichte der Vegetation in Relation zur Flussbreite stimmen muss. Das bedeutet, dass bei breiteren Gewässerrinnen über 10 m zumindest ein Baum mit 10 m oder höher mit entsprechender Dichte oder Unterwuchs stehen muss (siehe Abbildung 22, S. 38).

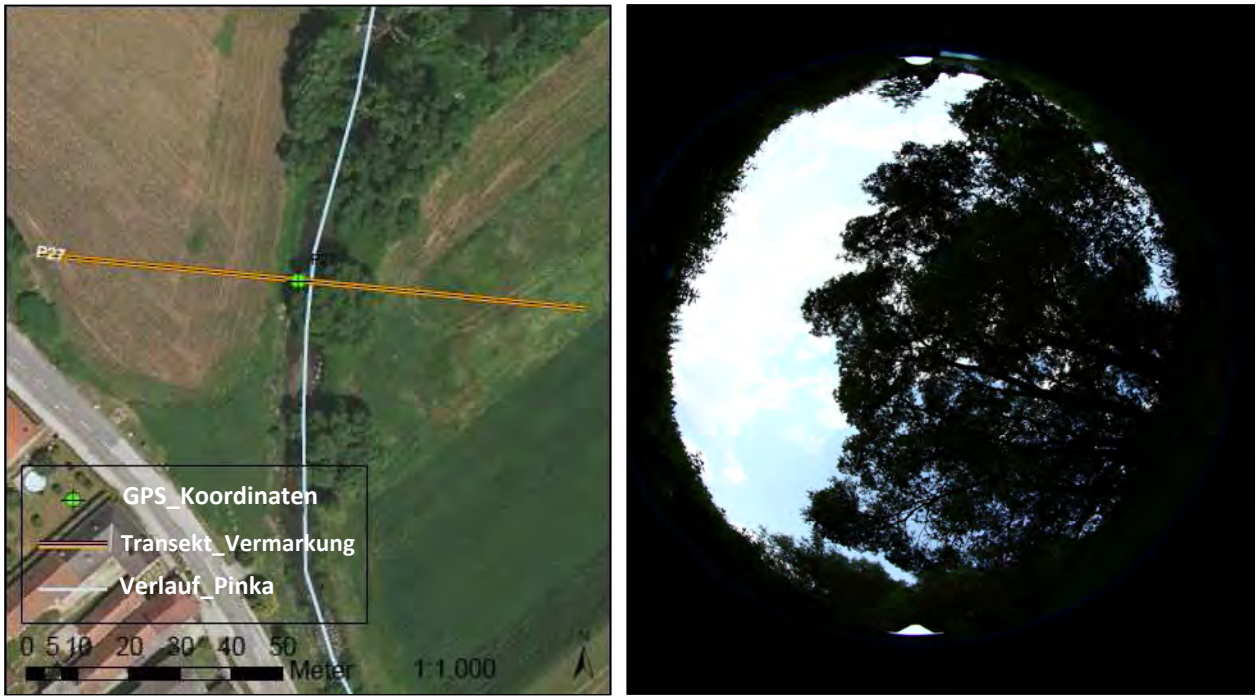


Abbildung 60: Pinka 27 in Unterwart, als Beispiel für stärkere Beschattung über die Mittagszeit;
ArcGIS – Kartenauszug adaptiert (links), rechts 10.07.2013

Auch die Exposition kann eine stärkere Beschattung über die Mittagszeit bewirken, jedoch nur dann, wenn der Fluss eine West-Ost Ausrichtung aufweist und das orographisch rechte Ufer nördlich exponiert und bestockt ist. Die vier Transekte an der Lafnitz zeigen einen derartigen Verlauf.

Speziell an Pinka 42 wirkt sich im Vergleich zu den im Oberlauf angesiedelten Transekten mit östlicher Fließrichtung die Topographie der Umgebung beschattend aus, da der Flusslauf stark eingetieft verläuft.

5.2.3 Jahreszeitlicher Unterschied der Beschattungssituation

In diesem Kapitel wird darauf eingegangen, in wieweit sich mögliche Unterschiede der Beschattung während der Vegetationsperiode im belaubten Zustand und jener der Vegetationsruhe im unbelaubten Zustand ergeben. Die erhobenen Unterschiede begründen sich demnach in der fehlenden Blattmasse im Winter.

Um derartige Unterschiede herauszuarbeiten sind Fotoaufnahmen über den Jahresverlauf notwendig. Da dies bei dem sehr großen Untersuchungsgebiet jedoch relativ aufwendig ist, beschränken sich die Daten der vorliegenden Arbeit auf eine Sommer- und eine Winteraufnahme. Diese erfolgten im Verlauf der Aufnahmen im Untersuchungsgebiet. Im Vergleich zu den Sommeraufnahmen, die an sämtlichen Transekten durchgeführt wurden, konnten Winteraufnahmen aufgrund des hohen Wasserstandes nicht an allen Transekten gemacht werden. Die folgende Tabelle 14 (S. 90) listet die Winteraufnahmen auf, die an beiden Flüssen gemacht wurden und für eine Analyse herangezogen werden können. Um einen direkten Vergleich der geänderten Strahlungswerte zu ermöglichen, mussten sämtliche Winteraufnahmen mit demselben Datum wie die Sommeraufnahmen analysiert werden. Im Fall der vorliegenden Arbeit ist dies wie bereits beschrieben, der 21. Juni 2013. Diese Abgleichung ist notwendig, da sonst bei der Auswertung durch HemiView unterschiedliche Sonnenbahnen und Solarstrahlungsgrößen zur Anwendung kommen, die das Ergebnis gravieren beeinflussen würden.

Da die morphologischen Voraussetzungen (Topographie, BOK, benetzte Wasserfläche, usw.) im Sommer und Winter gleich sind, ergeben sich Strahlungsunterschiede lediglich aufgrund der Beschaffenheit der Vegetation.

Anhand der Tabelle 14 (S. 90) ist erkennbar, dass in Summe an 22 Transekten im Wintermonat März 2013 Aufnahmen gemacht werden konnten. Fehlende beziehungsweise nicht geeignete Aufnahmen werden in der Tabelle mit --- gekennzeichnet, vorhandene mit der jeweiligen Kurzbezeichnung der Position in der Gewässerrinne (links - OL, Mitte - M, rechts - OR). Die Mehrheit aller gemachten Aufnahmen kann für die Analyse der unterschiedlichen Strahlungswerte herangezogen werden. Einige Aufnahmen eigneten sich jedoch nicht ohne weiteres für einen Vergleich. Diese wurden im Vorfeld selektiert. Begründen lässt sich dies durch geringe Standortunterschiede, starke Wasserstands-schwankungen, veränderte Vegetationsstruktur, verlagerte Gewässerläufe oder durch andere natürliche Hemmnisse. Auch waren teilweise schlechte Wetterbedingungen in den Wintermonaten ein Grund, wodurch einige Fotos nicht in der gewünschten Qualität gewonnen werden konnten und diese so für weitere Analysen ausscheiden.

Tabelle 14: Hemisphärische Winteraufnahmen 2013, die für einen Strahlungswertvergleich zwischen Sommer und Winter an der Lafnitz und Pinka herangezogen werden können; 2013

Fluss / ID / Datum	Orographisch links	Orographisch Mitte	Orographisch rechts
Pinka / P04 / 11.03.13	OL	M	OR
Pinka / P05 / 11.03.13	OL	M	OR
Pinka / P06 / 11.03.13	OL	---	OR
Pinka / P07 / 27.02.13	OL	M	OR
Pinka / P08 / 12.03.13	OL	M	OR
Pinka / P10 / 12.03.13	OL	---	---
Pinka / P11 / 12.03.13	OL	---	---
Pinka / P13 / 12.03.13	---	---	OR
Pinka / P14 / 12.03.13	---	---	OR
Pinka / P18 / 12.03.13	OL	M	---
Pinka / P19 / 12.03.13	OL	M	OR
11 Transekte	*23 in Summe*		
Gesamt	9	6	8
Fluss / ID / Datum	**Orographisch links**	**Orographisch Mitte**	**Orographisch rechts**
Lafnitz / L09 / 21.03.13	OL	M	OR
Lafnitz / L10 / 21.03.13	OL	M	OR
Lafnitz / L12 / 21.03.13	---	---	OR
Lafnitz / L19 / 19.03.13	OL	(M)	OR
Lafnitz / L20 / 13.03.13	---	M	OR
Lafnitz / L21 / 19.03.13	OL	M	OR
Lafnitz / L22 / 19.03.13	OL	M	OR
Lafnitz / L23 / 20.03.13	---	M	OR
Lafnitz / L24 / 20.03.13	OL	M	---
Lafnitz / L25 / 20.03.13	OL	M	OR
Lafnitz / L26 / 20.03.13	OL	M	---
11 Transekte	*26 in Summe*		
Gesamt	8	9	9

Als Beispiel für eine ausgeschiedene Aufnahme kann die Flussmittenaufnahme des Transektes Lafnitz 19 herangezogen werden. Bei diesem Transekt wurden Sommer sowie Winteraufnahmen getätigt. Durch die Lage des Transektes in einem Mäanderbereich und die dort beobachteten starken jahreszeitlichen Veränderungen welche die vorhandene Vegetation, Treibholzansammlungen, Erosion der Ufer sowie den Wasserstand betreffen, konnte die genaue Stelle der getätigten Flussmitte - Winteraufnahme nicht erneut präzise aufgesucht werden (siehe Kapitel 2.1, S. 10 und Kapitel 3.3, S. 28). Dadurch kann kein direkter Vergleich zwischen den beiden Einzelaufnahmen und den entsprechenden Sommer- und Winterstrahlungswerten hergestellt werden. Für die restlichen in Tabelle 14 angeführten Aufnahmen mit Ausnahme der Flussmittenaufnahme von Transekt Lafnitz 19, sind Vergleiche möglich.

Abbildung 61: Lafnitz 19 bei Loipersdorf-Kitzladen - Hemisphärische Flussmittenaufnahmen, links Sommer, rechts Winter; links 15.07.2013, rechts 19.03.2013

Abbildung 61 verdeutlicht eindeutig eine gegebene Lageverschiebung der Aufnahmen. Die genaue Stelle, an der die Winteraufnahme an diesem Transekt gewonnen wurde, konnte aufgrund starker Wasserstandsänderungen sowie der Bildung eines neuen Gewässerlaufes nicht eindeutig aufgefunden werden. Würde man die beiden Fotos trotz der gegebenen Lageverschiebung mittels HemiView auswerten, so bekäme die Winteraufnahme einen zu hohen Beschattungswert, da die nordwestliche Baumgruppe aufgrund der gesteigerten Größe überrepräsentativ stark das Bild beeinflussen würde.

Zudem muss festgehalten werden, dass viel freier Himmel *Visible Sky* auf den Aufnahmen von Transekt Lafnitz 19 zu sehen ist. Somit stellt der Transekt einen Sonderfall dar, da aufgrund der großen Gewässerbreite und des Weitwinkelobjektives der Kamera die Vegetation in den Hintergrund rückt. Es ergeben sich demnach für die Gewässerränder im jahreszeitlichen Verlauf kaum Unterschiede. In der Tabelle 15 (S. 93) ist dies ersichtlich.

Als günstig für einen Vergleich der Beschattungssituation im Jahresverlauf eignet sich Transekt Pinka 19 (Abbildung 62), da diese Aufnahmen lagetreu gemacht wurden. Zudem lässt sich der jahreszeitliche Unterschied der Belaubungssituation erkennen.

Abbildung 62: Pinka 19 bei Riedlingsdorf - Hemisphärische Flussmittenaufnahmen, links Sommer, rechts Winter;
links 04.07.2013, rechts 12.03.2013

Betrachtet man die Strahlungsergebnisse dieser beiden Aufnahmen, so ergibt sich ein Unterschied der Einstrahlungsmenge über den gesamten Tagesverlauf von 20,8 %. Im Zeitraum zwischen 10 - 14 Uhr erhöht sich dieser aufgrund der gegebenen Strukturen und des Lichtraumes auf 28,8 %. Anders ausgedrückt, erreichen an dieser Stelle im Sommer über den Tagesverlauf rund 21 % der Strahlung den Wasserkörper. Im Winter steigt dieser Wert auf 42 %.

Da ein Einzelwertvergleich keine repräsentativen Aussagen zulässt, wurden sämtliche Strahlungswerte der im Winter gemacht und geeigneten Aufnahmen mit den zugehörigen Sommeraufnahmen verglichen.

Die Tabelle 15 listet die GSF - Werte der in der Tabelle 14 (S. 90) angeführten Transekte auf. Anhand dieser sind die Strahlungswerte beider Flüsse angeführt und unterschieden in Ganztages- (blau) und Mittagsstrahlungswerte (gelb) für orographisch links, rechts und Flussmitte. Zwecks leichterer Lesbarkeit werden die Sommerwerte nur dann angeführt, sofern diese mit entsprechenden Winterwerten verglichen werden können.

Tabelle 15: Übersicht der GSF - Werte Sommer/Winter 2013 für Lafnitz und Pinka, in blau sind Ganztageswerte und in gelb die Mittagswerte angeführt; EXCEL, 2013

Lafnitz GSF Werte	L09	L10	L12	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26
Lafnitz OL Sommer 04:10-19:50	0,7630	0,0613	x	0,8681	x	0,3377	0,5985	x	0,6411	0,5971	0,1726
Lafnitz Mitte Sommer 04:10-19:50	0,9055	0,1749	x	x	0,3614	0,4602	0,6572	0,3119	0,4602	0,6544	0,4167
Lafnitz OR Sommer 04:10-19:50	0,7773	0,1426	0,7229	0,9341	0,1832	0,4491	0,6643	0,2431	x	0,7038	x
Lafnitz OL Sommer 10:00-14:00	0,9295	0,0113	x	0,9335	x	0,4156	0,8158	x	0,9027	0,8206	0,1933
Lafnitz Mitte Sommer 10:00-14:00	0,9684	0,1904	x	x	0,5229	0,7760	0,9323	0,5459	0,7482	0,9282	0,5454
Lafnitz OR Sommer 10:00-14:00	0,9540	0,1055	0,9359	0,9834	0,1588	0,7276	0,9349	0,3130	x	0,9454	x
Lafnitz OL Winter 04:10-19:50	0,8880	0,5285	x	0,8526	x	0,7281	0,6587	x	0,8253	0,8190	0,5599
Lafnitz Mitte Winter 04:10-19:50	0,9394	0,4247	x	x	0,6140	0,7054	0,7241	0,5339	0,6731	0,8170	0,5518
Lafnitz OR Winter 04:10-19:50	0,8681	0,5256	0,8210	0,9637	0,4263	0,6626	0,7665	0,5601	x	0,8494	x
Lafnitz OL Winter 10:00-14:00	0,9678	0,7018	x	0,9458	x	0,8195	0,8420	x	0,9411	0,9421	0,6534
Lafnitz Mitte Winter 10:00-14:00	0,9769	0,4921	x	x	0,7504	0,7054	0,9464	0,7177	0,7147	0,9571	0,6240
Lafnitz OR Winter 10:00-14:00	0,9628	0,5710	0,9569	0,9871	0,4164	0,8483	0,9449	0,5469	x	0,9656	x
Pinka GSF Werte	P04	P05	P06	P07	P08	P10	P11	P13	P14	P18	P19
Pinka OL Sommer 04:10-19:50	0,0452	0,0635	0,1988	0,1514	0,1882	0,2320	0,7554	x	x	0,3832	0,2510
Pinka Mitte Sommer 04:10-19:50	0,0489	0,0410	x	0,2311	0,1918	x	x	x	x	0,3313	0,2121
Pinka OR Sommer 04:10-19:50	0,0313	0,1149	0,0432	0,2485	0,2090	x	x	0,5528	0,7705	x	0,1214
Pinka OL Sommer 10:00-14:00	0,0458	0,0797	0,1754	0,2632	0,2018	0,2811	0,9520	x	x	0,5017	0,4322
Pinka Mitte Sommer 10:00-14:00	0,0197	0,0494	x	0,4322	0,2189	x	x	x	x	0,3146	0,4001
Pinka OR Sommer 10:00-14:00	0,0148	0,0825	0,0670	0,4791	0,2655	x	x	0,9069	0,9672	x	0,1783
Pinka OL Winter 04:10-19:50	0,5298	0,6775	0,3135	0,4552	0,4633	0,7350	0,8464	x	x	0,5681	0,4121
Pinka Mitte Winter 04:10-19:50	0,5423	0,6325	x	0,4810	0,6314	x	x	x	x	0,5975	0,4200
Pinka OR Winter 04:10-19:50	0,6036	0,6326	0,3159	0,4664	0,6470	x	x	0,7560	0,8703	x	0,3254
Pinka OL Winter 10:00-14:00	0,5340	0,8463	0,2449	0,6855	0,5846	0,8311	0,9699	x	x	0,7408	0,6843
Pinka Mitte Winter 10:00-14:00	0,6058	0,8057	x	0,7431	0,7973	x	x	x	x	0,7724	0,6880
Pinka OR Winter 10:00-14:00	0,6566	0,7360	0,3671	0,6790	0,8595	x	x	0,9335	0,9791	x	0,3718

Die nachfolgende Abbildung 63 (S. 94) soll die gegebenen Differenzen veranschaulichen die an beiden Flüssen, unterschieden in die jeweiligen Aufnahmepositionen zwischen Sommer- und Winter erhoben wurden. Für die Erstellung der Abbildung wurden die jeweiligen Werte der einzelnen Aufnahmepositionen gemittelt. Dies wurde anhand der Winter- sowie Sommerfotos durchgeführt um diese im Anschluss gegenüber zu stellen. So ergeben sich die Differenzen zwischen Sommer und Winter. Anzumerken ist, dass ein Vergleich nur dann angestellt wird, wo tatsächlich Fotos vorhanden sind. Auch hier wird in Ganztages- und Mittagsstrahlungswerte unterschieden.

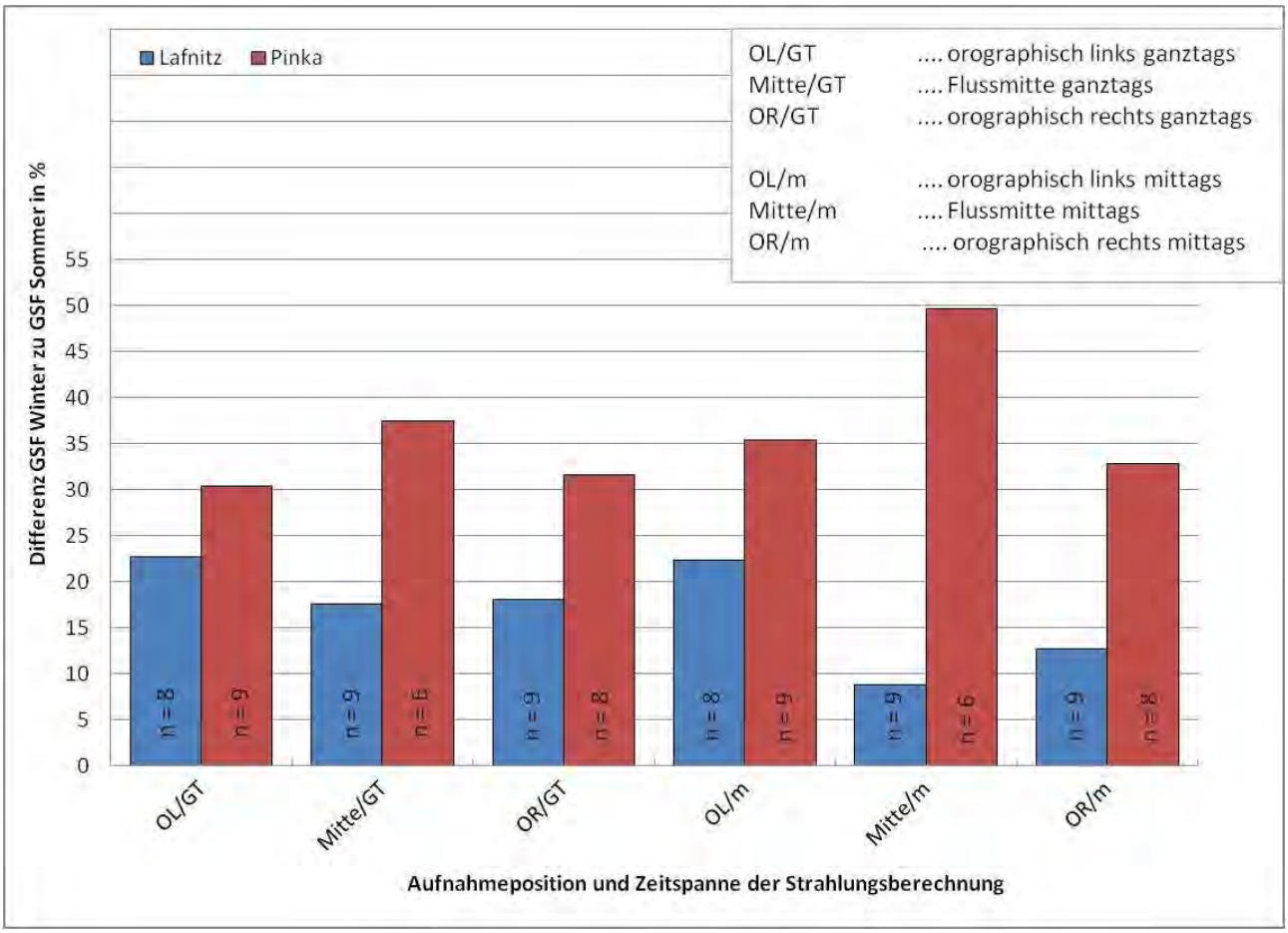


Abbildung 63: Gegenüberstellung der Strahlungsdifferenzen der Sommer- und Winteraufnahmen 2013 für Lafnitz (n=26) und Pinka (n=23); EXCEL, 2013

Betrachtet man das Ergebnis, so wird ersichtlich, dass an der Pinka die Differenzen zwischen Sommer und Winter wesentlich größer ausfallen als jene der Lafnitz. Die größten Differenzen ergeben sich in der Flussmitte bei der Pinka, da im Winter die Belaubung des Vegetationsüberhanges fehlt. Dies trifft deshalb zu, da an der Pinka eine geringere Gewässerbreite und im Vergleich zur Lafnitz ein stärkerer Vegetationsüberhang besteht, der im Winter die Blattmasse verliert. Über dem Gewässerquerschnitt ergeben sich Differenzen bei der Lafnitz im Durschnitt von 19,45 % ganztags zu 14,63 % über die Mittagszeit. Bei der Pinka fallen die Differenzen über den Gewässerquerschnitt wesentlich größer aus. So ergeben sich im Ganztageszeitraum 33,13 % und mittags 39,27 %. Demnach trifft im Winter speziell über die Mittagszeit an der Pinka wesentlich mehr Strahlung auf den Wasserkörper als im Sommer.

Nach den erfolgten Analysen der tages- und jahreszeitlichen Unterschiede werden nun die Durchschnittswerte aller tages- und jahreszeitlichen GSF-Werte gegenüber gestellt (Abbildung 64, S. 95). Der Stichprobenumfang der Winteraufnahmen ist wie bereits erwähnt relativ gering, da nur ein kurzes Zeitfenster für die Aufnahmen zur Verfügung stand. Zudem lag über lange Zeit des Frühjahres 2013 Schnee im Untersuchungsgebiet, was einen Ausschlussgrund für eine Auswertung mittels HemiView darstellt.

Die unter Tabelle 14 (S. 90) ersichtlichen geringen Unterschiede der Stichprobengröße der Winteraufnahmen an den einzelnen Positionen im Gewässerlauf, zusätzlich der Gegebenheiten vor Ort, führen zu geringen Abweichungen der Strahlungsergebnisse bei der Mittelwertbildung. Die gering unterschiedliche Stichprobengröße der Sommeraufnahmen der orographisch linken Seite begründet sich darin, dass bei Transekt P01 aufgrund der geringen Gewässerbreite von 1 m lediglich eine Flussmitten-Aufnahme gemacht wurde.

Bei den rechten Aufnahmen fehlt zudem eine Aufnahme bei Transekt L24. Diese Aufnahme konnte nicht gemacht werden, da an der vorgesehenen Stelle sich eine Ansammlung von Totholz gebildet hat.

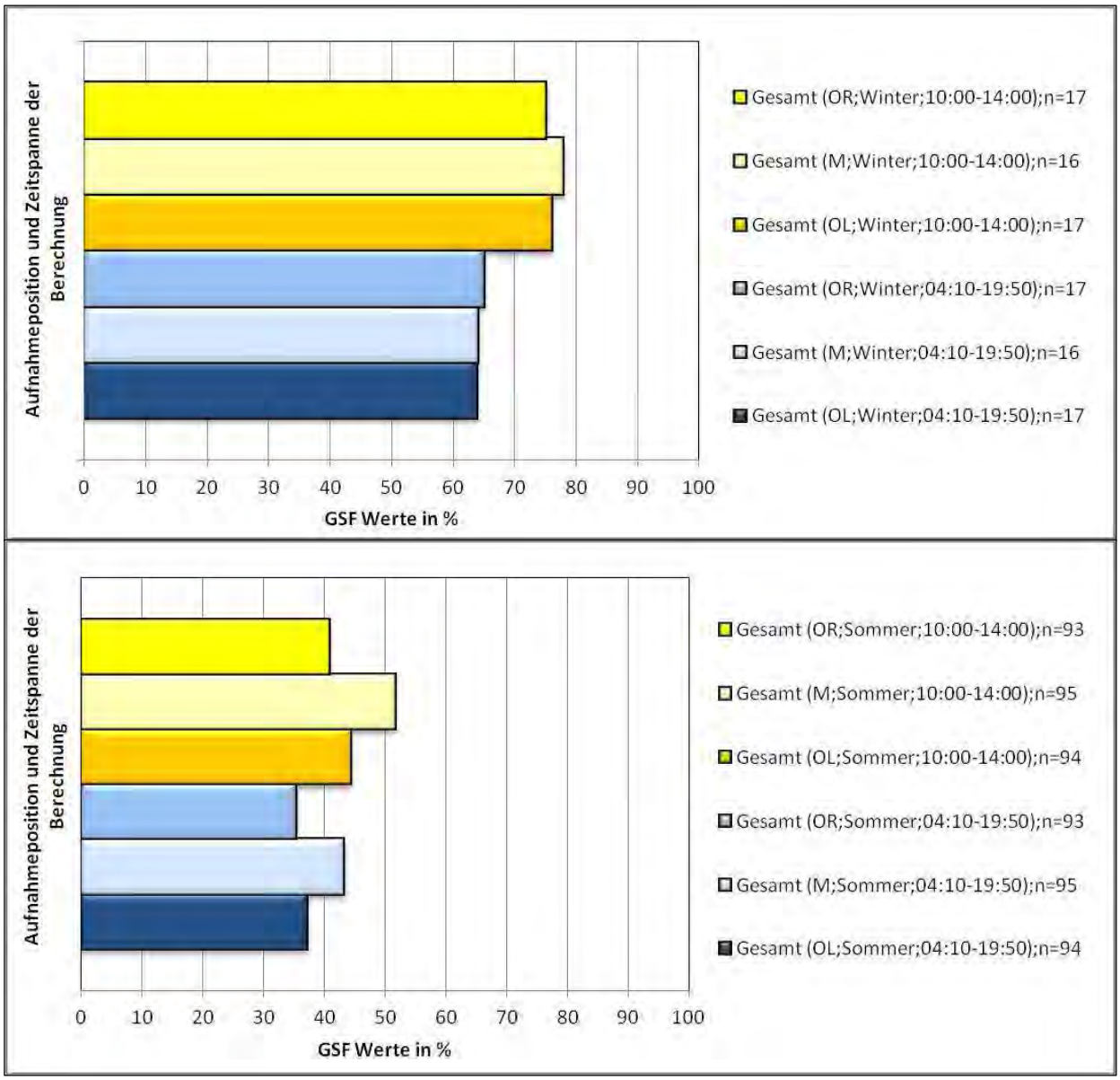


Abbildung 64: GSF Mittelwertsvergleich der Flüsse Lafnitz und Pinka in % über den Gewässerquerschnitt für die Winteraufnahmen (oben) und die Sommeraufnahmen (unten) unterschieden in ganztags (blau) und mittags (gelb); EXCEL 2013

Im oberen Teil der Abbildung ist erkennbar, dass die Strahlungsminderung über die Mittagszeit geringer ausfällt als über den gesamten Tag betrachtet. Über den gesamten Tagesverlauf der beiden Flüsse betrachtet, erhält man einen gemittelten GSF Wert in der Höhe von 63,3 %. Über den Mittagszeitraum steigt dieser Wert auf 75,6 %. Ein Unterschied zwischen Flussmitte und böschungsnahen Bereichen tritt lediglich in abgeschwächter Form über die Mittagszeit auf. Die Stichprobenzahl im Winter ist wesentlich geringer als im Sommer, durch die Bildung des Mittelwertes werden jedoch Vergleichswerte generiert.

An allen Aufnahmestellen (links, Mitte und rechts) werden höhere GSF Werte im Winter als im Sommer beobachtet. Somit werden die Transekte im Winter schlechter beschattet. Die Unterschiede zwischen den Strahlungswerten der beiden Ufer und der Mitte gleichen sich an. Der untere Teil der Abbildung beschreibt die Situation für den Sommerzeitraum.

Bildet man nun den Mittelwert der Sommeraufnahmen beider Flüsse über den gesamten Tag in Prozent, so erhält man einen GSF Wert von 38,6 %. Der beschattende Einfluss der Vegetation sowie aller sonstigen Strahlungshindernisse beläuft sich demnach auf 62,4 %.

Dieser Prozentwert verringert sich im Sommer während der Mittagsstunden auf 54,4 %. Zusammenfassend kann man sagen, dass im Sommer über die Mittagsstunden etwas mehr als die Hälfte der einfallenden Strahlung durch Vegetation oder sonstige strahlungsmindernde Objekte absorbiert wird. Über den gesamten Tagesverlauf werden knapp 2/3 der einfallenden Strahlung absorbiert.

Es kann daher von einer erhöhten Strahlungsdurchlässigkeit in den Flussmitten gesprochen werden. Dies resultiert mitunter durch fehlende Vegetation (Fehlen von Überhang bzw. Kronenschluss) speziell bei breiten Gewässerabschnitten, entsprechender Exposition des Gewässerabschnittes und durch das gewählte Datum der Auswertung vom 21. Juni 2013 und dem damit verbundenem hohen Sonnenstand. In weiterer Folge werden die Unterschiede der beiden Flüsse separat beschrieben.

Analog zur Vorgehensweise der GSF Mittelwertbildung für beide Flüsse wird nun näher auf die Lafnitz eingegangen. Anhand der Abbildung 65 (S. 97) lässt sich erkennen, dass bei den gemittelten Winter GSF Werten (oberer Teil) höhere Werte als im Sommer (unteres Teilbild) erkennbar sind. Der Durchschnitt der Ganztages GSF Werte liegt hier bei 71,4 %. Die entsprechenden Werte über den Mittagszeitraum betrachtet ergeben sogar 81,9 %. Somit ergibt sich im Winter eine geringe Beschattungsleistung von rund 30 % ganztags und rund 20 % mittags.

Betrachtet man die Sommerwerte so wird erkennbar, dass diese geringer ausfallen als jene im Winter. Erkennbar sind zu beiden Zeiten der Messungen erhöhte Werte in den Flussmitten, welche im Winter nicht gegeben sind. So gelangen an der Lafnitz im Sommer über einen gesamten Tag und den gesamten Gewässerquerschnitt betrachtet durchschnittlich 43,4 % der gegebenen Strahlungsmenge auf die Wasseroberfläche. Für den Zeitraum zwischen 10:00 - 14:00 Uhr erhöht sich dieser Wert auf 52,6 %. Es ergibt sich somit eine Differenz von 9,2 %. Anders ausgedrückt, erreichen im Sommer knapp 10 % mehr Strahlung die Wasseroberfläche über den Mittagszeitraum.

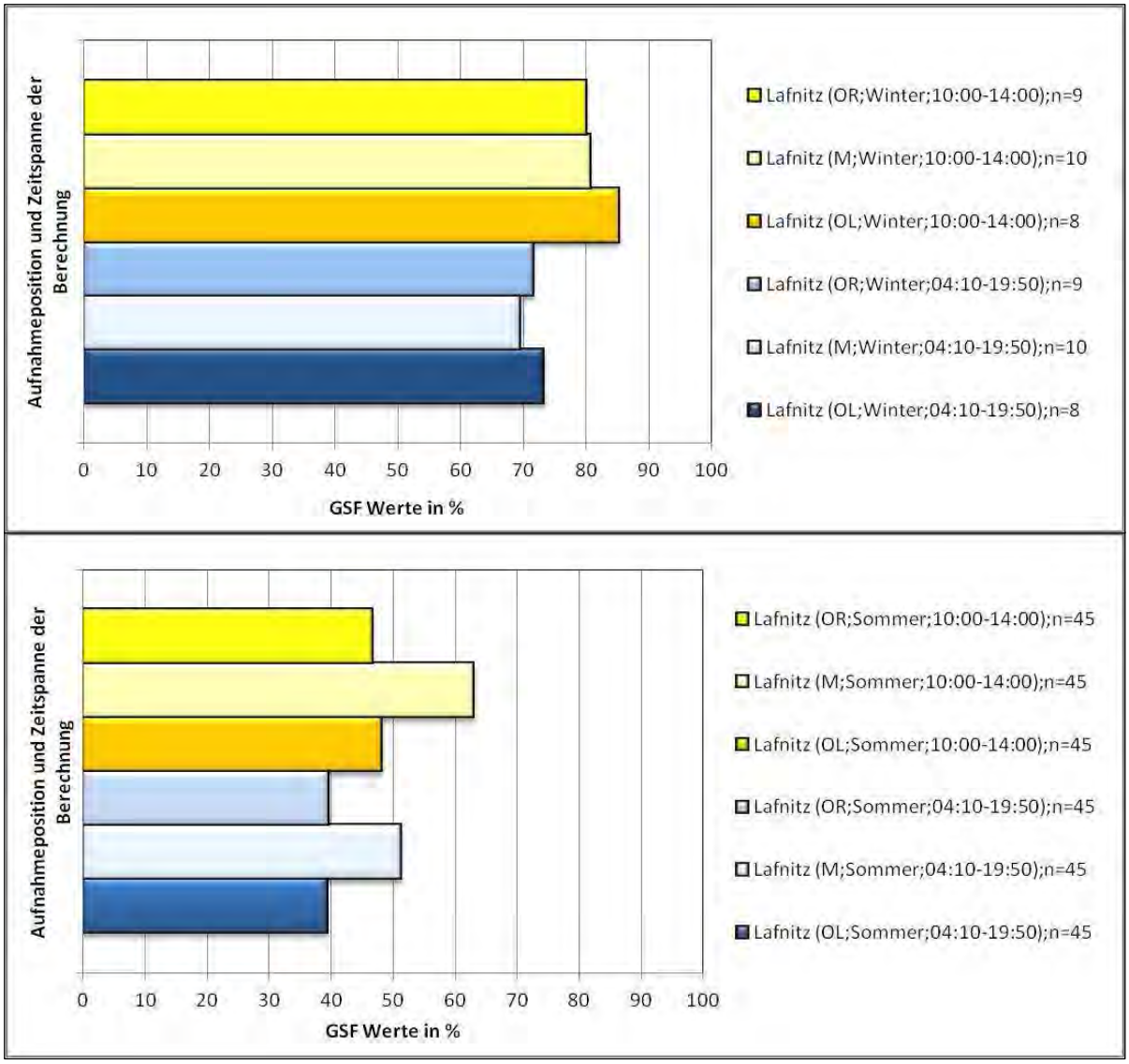


Abbildung 65: Lafnitz, GSF Mittelwertsvergleich in Prozent über den Gewässerquerschnitt für die Winteraufnahmen (oben) und die Sommeraufnahmen (unten) unterschieden in ganztags (blau) und mittags (gelb); EXCEL, 2013

Ähnlich den Ergebnissen an der Lafnitz sind an der Pinka die GSF Werte über den Tagesverlauf geringer als jene über die Mittagsstunden (Abbildung 66, S. 98). Dies betrifft hauptsächlich die Messungen über den Winterzeitraum, denn im Sommer fallen diese Unterschiede gering aus.

Da das orographisch rechte Ufer sich immer dann zwischen Sonne und Wasserkörper befindet, wenn der Fluss in östlicher Richtung verläuft und sich ein Drittel aller Transekte an der Pinka in diesen Bereichen befinden (siehe Abbildung 38, S. 65), könnte man die Annahme treffen, dass die stärkere Beschattung orographisch rechts den Einfluss eines im Süden gelegenen Ufers ausdrückt. Nach Auswertung der Strahlungsdaten muss diese Annahme jedoch verworfen werden, da die ostverlaufenden Fließgewässerstellen ähnliche Werte ergeben wie alle anders verlaufenden Bereiche. Demnach muss der verringerte GSF Wert orographisch rechts im Sommer auf eine dichtere Vegetation an der Böschung zurückzuführen sein.

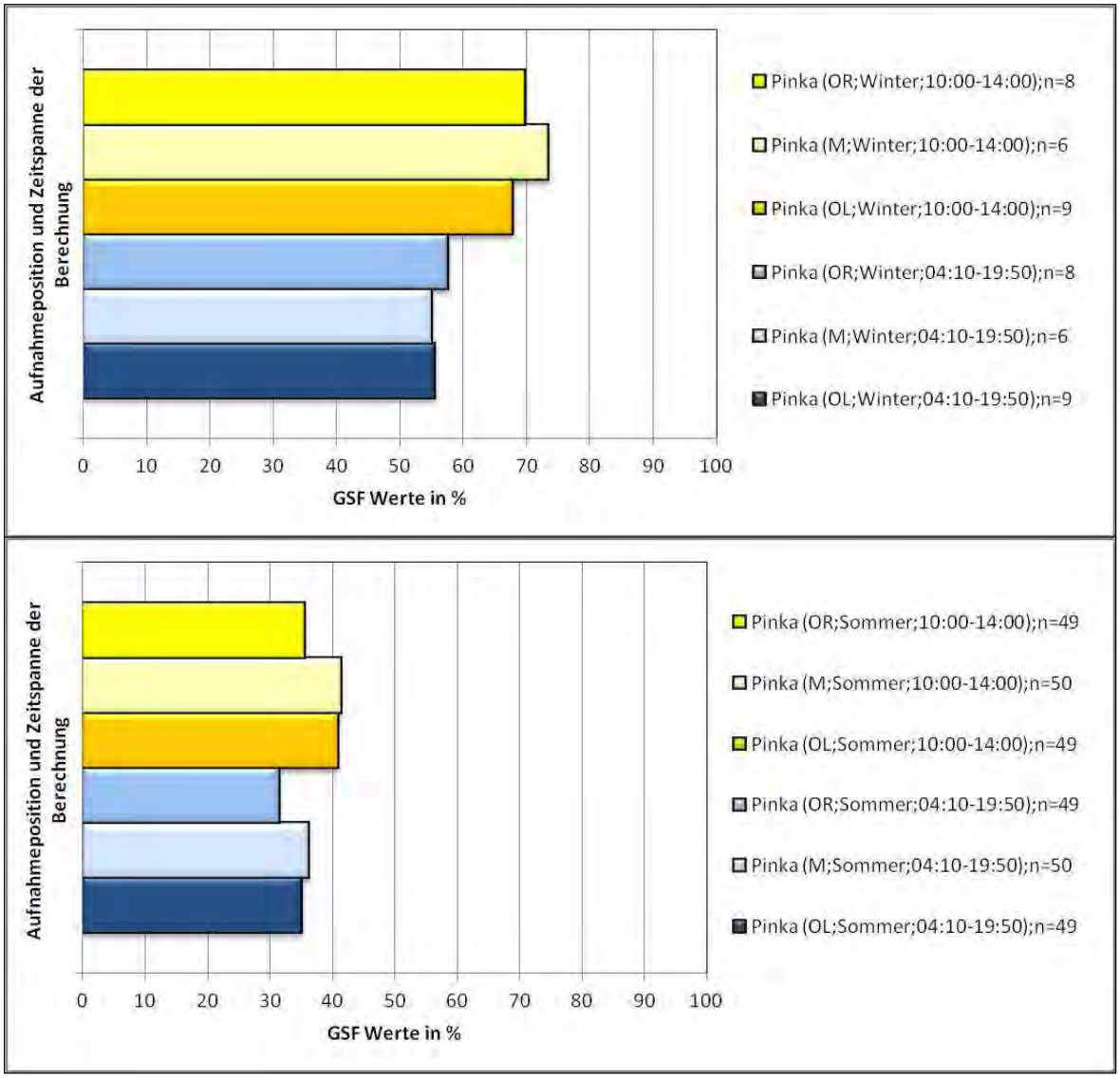


Abbildung 66: Pinka, GSF Mittelwertsvergleich in Prozent über den Gewässerquerschnitt für die Winteraufnahmen (oben) und die Sommeraufnahmen (unten) unterschieden in ganztags (blau) und mittags (gelb); EXCEL 2013

5.2.4 Vergleich der Strahlungswerte beider Flüsse

Wie bereits unter den vorangegangenen Kapiteln erkennbar ist, ergeben sich Unterschiede bei der Strahlungssituation der beiden Flüsse. Um beweisen zu können, dass die Transekte beider Flüsse signifikante Unterschiede im Betracht deren Einstrahlungsmenge aufweisen, wurde ein Mittelwertsvergleich mittels T-Test durchgeführt.

Getestet wird die Hypothese H0, die besagt, dass keine Unterschiede vorliegen.

Testmodell: H0: mμ1=mμ2=mμx; sigma²1=sigma²2=sigma²x

Dementsprechend geht die H0 davon aus, dass die Mittelwerte (mμ) sowie die entsprechenden Varianzen (sigma²) gleich sind.

Im Vorfeld des Testes wurde zur Überprüfung auf Normalverteilung der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest durchgeführt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest der errechneten Strahlungswerte beider Flüsse; SPSS, 2013

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		OL_S_GSF	OL_S_m_GSF	OL_W_GSF	OL_W_m_GSF	M_S_GSF	M_S_m_GSF	M_W_GSF	M_W_m_GSF	OR_S_GSF	OR_S_m_GSF	OR_W_GSF	OR_W_m_GSF
N		94	94	17	17	95	95	16	16	93	93	17	17
Parameter der Normalverteilung[a,b]	Mittelwert	,3714	,4436	,6389	,7609	,4329	,5164	,6408	,7797	,3537	,4082	,6506	,7519
	Standardabweichung	,2784	,3396	,1758	,1911	,2837	,3285	,1613	,1440	,2849	,3576	,1961	,2270
Extremste Differenzen	Absolut	,157	,133	,141	,150	,094	,126	,146	,126	,166	,178	,116	,200
	Positiv	,157	,133	,127	,137	,094	,102	,146	,116	,166	,178	,072	,150
	Negativ	-,109	-,108	-,141	-,150	-,071	-,126	-,093	-,126	-,124	-,153	-,116	-,200
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,519	1,290	,583	,618	,918	1,226	,583	,506	1,603	1,714	,480	,824
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		**,020**	,072	,886	,839	,368	,099	,886	,960	**,012**	**,006**	,975	,505

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
b. Aus den Daten berechnet.

Da die Signifikanz auf keine Normalverteilung bei den Variablen OL_S_GSF, OR_S_GSF sowie OR_S_m_GSF hinweist (hervorgehoben), wurden diese von der weiteren Untersuchung mittels T-Test ausgeschlossen, da dieser einer Normalverteilung bedarf. Die Homogenität der Varianzen wurde im Zuge des T-Tests mittels des Levene-Tests (Tabelle 18, S. 100) überprüft. Die Varianzhomogenität ist in den meisten Fällen gegeben, wodurch der T-Test durchgeführt werden kann. Dies trifft auch auf die im Sommer gemessenen Flussmitten- Strahlungswerte zu.

Aufgrund der in Tabelle 17 (S. 100) gebildeten Mittelwerte sowie der Mediane der normalverteilten, gemessenen Strahlungsmengen wird erkennbar, dass die Pinka über eine bessere Beschattung über alle Bereiche im Gewässerlauf und zu unterschiedlichen Zeiten verfügt.

Zur besseren Erkennung wurden in Tabelle 18 (S. 100) die signifikanten Werte fett markiert. Dies bedeutet, dass es signifikante Unterschiede zwischen Lafnitz und Pinka bei den orografisch linken Winteraufnahmen über den gesamten Tag sowie bei dem im Sommer gewonnen Flussmittenstrahlungswerten gibt. Die Unterschiede ergeben sich bei diesen sowohl über den gesamten Tagesverlauf als auch über die Mittagszeit.

Tabelle 17: Deskriptive Darstellung der normalverteilten Strahlungswerte beider Flüsse; SPSS, 2013

Fluss_Num		OL_S_GSF	OL_S_m_GSF	OL_W_GSF	OL_W_m_GSF	M_S_GSF	M_S_m_GSF	OR_S_GSF	OR_S_m_GSF
Pinka	**Mittelwert**	,3506	,4089	,5557	,6801	,3618	,4142	,3156	,3554
	N	49	49	9	9	50	50	49	49
	Standardabweichung	,3052	,3571	,1697	,2115	,2920	,3254	,2834	,3425
	Median	,1965	,2685	,5298	,6855	,2580	,3219	,2090	,2250
	Minimum	,0391	,0225	,3135	,2449	,0163	,0178	,0288	,0148
	Maximum	,9514	,9874	,8464	,9699	,9778	,9898	,9828	,9899
Lafnitz	**Mittelwert**	,3941	,4814	,7325	,8517	,5118	,6300	,3962	,4669
	N	45	45	8	8	45	45	44	44
	Standardabweichung	,2475	,3192	,1371	,1204	,2546	,2959	,2836	,3687
	Median	,3813	,4156	,7735	,8916	,4834	,6576	,3416	,3615
	Minimum	,0287	,0113	,5285	,6534	,0552	,0388	,0253	,0220
	Maximum	,9587	,9842	,8880	,9678	,9553	,9877	,9516	,9895
Beide Flüsse	Mittelwert	,3714	,4436	,6389	,7609	,4329	,5164	,3537	,4082
	N	94	94	17	17	95	95	93	93
	Standardabweichung	,2784	,3396	,1758	,1911	,2837	,3285	,2849	,3576
	Median	,2925	,3650	,6587	,8195	,3807	,5106	,2431	,2855
	Minimum	,0287	,0113	,3135	,2449	,0163	,0178	,0253	,0148
	Maximum	,9587	,9874	,8880	,9699	,9778	,9898	,9828	,9899

Tabelle 18: T-Test bei unabhängigen Stichproben für die normalverteilten GSF Strahlungswerte beider Flüsse; SPSS, 2013

Test bei unabhängigen Stichproben

Beide Flüsse		Levene-Test der		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Untere	Obere
OL_S_m_GSF	Varianzen sind gleich	,995	,321	1,034	92	,304	,0725	,0701	-,0668	,2117
	Varianzen sind nicht gleich			1,039	91,937	,302	,0725	,0698	-,0661	,2110
OL_W_GSF	Varianzen sind gleich	,281	,604	2,343	15	**,033**	,1769	,0755	,0160	,3377
	Varianzen sind nicht gleich			2,374	14,889	,031	,1769	,0745	,0180	,3357
OL_W_m_GSF	Varianzen sind gleich	,990	,335	2,018	15	,062	,1716	,0850	-,0097	,3528
	Varianzen sind nicht gleich			2,083	12,929	,058	,1716	,0824	-,0065	,3496
M_S_GSF	Varianzen sind gleich	1,659	,201	2,654	93	**,009**	,1500	,0565	,0378	,2622
	Varianzen sind nicht gleich			2,674	92,914	,009	,1500	,0561	,0386	,2614
M_S_m_GSF	Varianzen sind gleich	,444	,507	3,369	93	**,001**	,2158	,0641	,0886	,3430
	Varianzen sind nicht gleich			3,386	92,988	,001	,2158	,0637	,0892	,3424
M_W_GSF	Varianzen sind gleich	2,260	,155	1,868	14	,083	,1441	,0772	-,0214	,3096
	Varianzen sind nicht gleich			2,197	13,727	,046	,1441	,0656	,0031	,2851
M_W_m_GSF	Varianzen sind gleich	7,084	,019	,951	14	,358	,0709	,0746	-,0891	,2309
	Varianzen sind nicht gleich			1,136	13,335	,276	,0709	,0624	-,0636	,2054
OR_W_GSF	Varianzen sind gleich	,004	,951	1,514	15	,151	,1388	,0917	-,0566	,3341
	Varianzen sind nicht gleich			1,506	14,392	,154	,1388	,0921	-,0583	,3358
OR_W_m_GSF	Varianzen sind gleich	,058	,813	,922	15	,371	,1022	,1108	-,1341	,3384
	Varianzen sind nicht gleich			,919	14,598	,373	,1022	,1111	-,1353	,3396

Da die Strahlungswerte der Flussmitten, welche im Sommer gemessen wurden, signifikante Unterschiede aufweisen und zugleich auch die bedeutendsten Größen in dieser Arbeit darstellen, kann angemerkt werden, dass die Unterschiede nicht zufällig sind. Die Ausprägung der Unterschiede kann visuell im voran gegangen Kapitel anhand der Abbildungen besser betrachtet werden.

Die Ergebnisse des T-Tests zeigen auf, dass die H0 somit verworfen werden muss.

Analog der Testung auf Unterschiede bei den Strahlungswerten wurden die Flussbreiten getestet. Auch hier ergeben sich unter Einhaltung aller Erfordernisse wie Normalverteilung der Variablen, Homogenität der Varianzen, keine kategorischen Werte, Unabhängigkeit der Stichproben, signifikante Unterschiede. Demnach wurde die größere Flussbreite der Lafnitz bestätigt.

5.3 Gegenüberstellung der Einflussgrößen mit GSF-Wert

Im folgenden Kapitel werden alle Parameter, die für eine Beeinflussung der Strahlungswerte als relevant angesehen werden können, dargestellt und deren Wirkung analysiert.

5.3.1 Flussabschnitte - Global Site Factor

Um die Strahlungsverhältnisse der jeweiligen Flussabschnitte zu verdeutlichen, wird folgende Abbildung 67 angeführt.

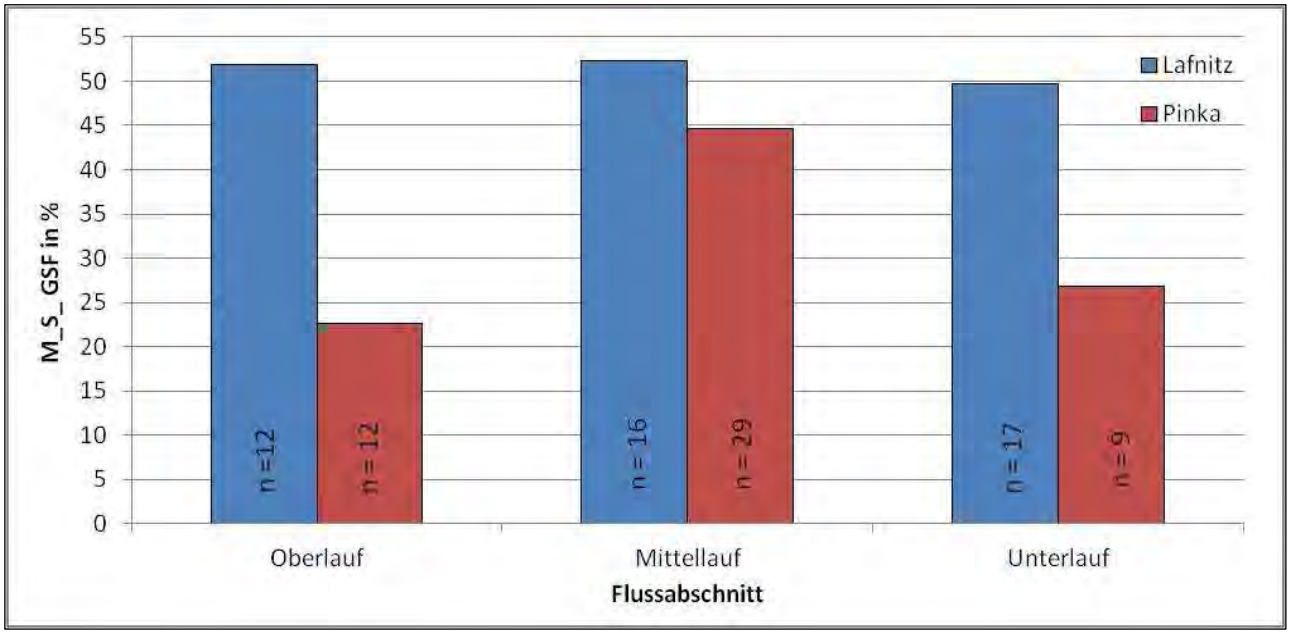


Abbildung 67: Durchschnittliche Flussmitten (M) Strahlungswerte im Sommer (S) je Flussabschnitt von Lafnitz (n=45) und Pinka (n=50); EXCEL, 2013

Bei der Lafnitz schwanken die GSF-Werte kaum, da eine sehr heterogene Ausformung der Vegetation und Morphologie vorliegt (Kapitel 3.3 - S. 28). Auch im Hinblick der unterschiedlichen Flussbreiten je Abschnitt (Abbildung 44, S. 70), ergibt dies keine Unterschiede der Strahlungswerte.

An der Pinka hingegen steigt der GSF-Wert im Mittellauf aufgrund zahlreicher kaum beschatteter Transekte im urbanen Bereich stark an. Die gesteigerte Gewässerbreite im Unterlauf (Abbildung 44, S. 70) wirkt sich jedoch nicht auf die Strahlung aus, da ausreichend beschattende Elemente vorhanden sind.

Es scheint die Position des Flussverlaufes wenig Einfluss zu haben, ob die Beschattung gut oder schlecht ist. Der anthropogene Einfluss hingegen lässt sich im Mittellauf der Pinka erkennen.

5.3.2 Topographie - Global Site Factor

Die Messbarkeit der Topographie über HemiView ist sehr schwierig, da die Umgebungsstruktur nicht genau aus der Aufnahme heraus gerechnet werden kann. Aufgrund dessen kann kein GSF-Wertvergleich angestellt werden. Anhand der Transekte Lafnitz 10 und Lafnitz 11 soll diese Problematik verdeutlicht werden.

Abbildung 68: Hemispärische Aufnahmen bei Eichberg, Lafnitz 10, links, und Lafnitz 11, rechts; beide Aufnahmen 09.07.2013

Beide Transekte weisen eine dichte Ufervegetation auf, was in Abbildung 68 ersichtlich wird. Speziell Lafnitz 10 verfügt über starke Beschattung, da nur 17 % der einfallenden Strahlungsmenge in der Flussmitte auftreffen. Diese günstigen Werte sind jedoch nicht alleine auf die Vegetation zurückzuführen. Hier wurde die Topografie als zusätzliches Beschattungselement festgestellt, da ein steiler Geländeanstieg gegeben ist. Aus den hemisphärischen Aufnahmen kann dieser steile Anstieg nur schwer abgelesen werden, da die vorhandene Ufervegetation diesen verdeckt.

Anhand der Abbildung 69 werden die topographischen Gegebenheiten von Lafnitz 10 und 11 dargestellt. Erkennbar wird, dass das Gelände, dargestellt anhand der weißen Pfeile stark und steil ansteigt, was auf den Aufnahmen wiederum nicht erkennbar ist.

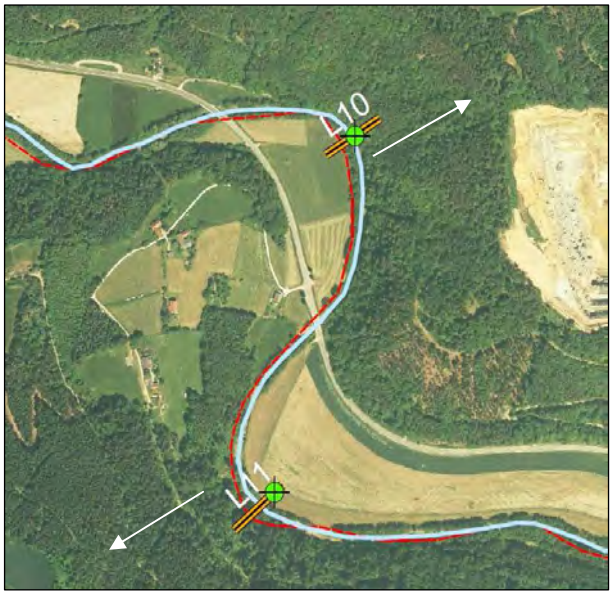


Abbildung 69: Darstellung der Topographie und Exposition anhand des Transektes Lafnitz 10 (Anstieg des Geländes zur Spitze des Pfeils um rund 100 m)und Lafnitz 11 (Anstieg des Geländes zur Spitze des Pfeils um rund 80 m); ArcGIS, 2013

5.3.3 Fließrichtung - Global Site Factor

Analog zur Beschreibung der Fließrichtungen in Kapitel 5.1.2 werden diese nun zusätzlich mit den GSF-Werten in Verbindung gesetzt. In der Abbildung 70 wird dies ersichtlich.

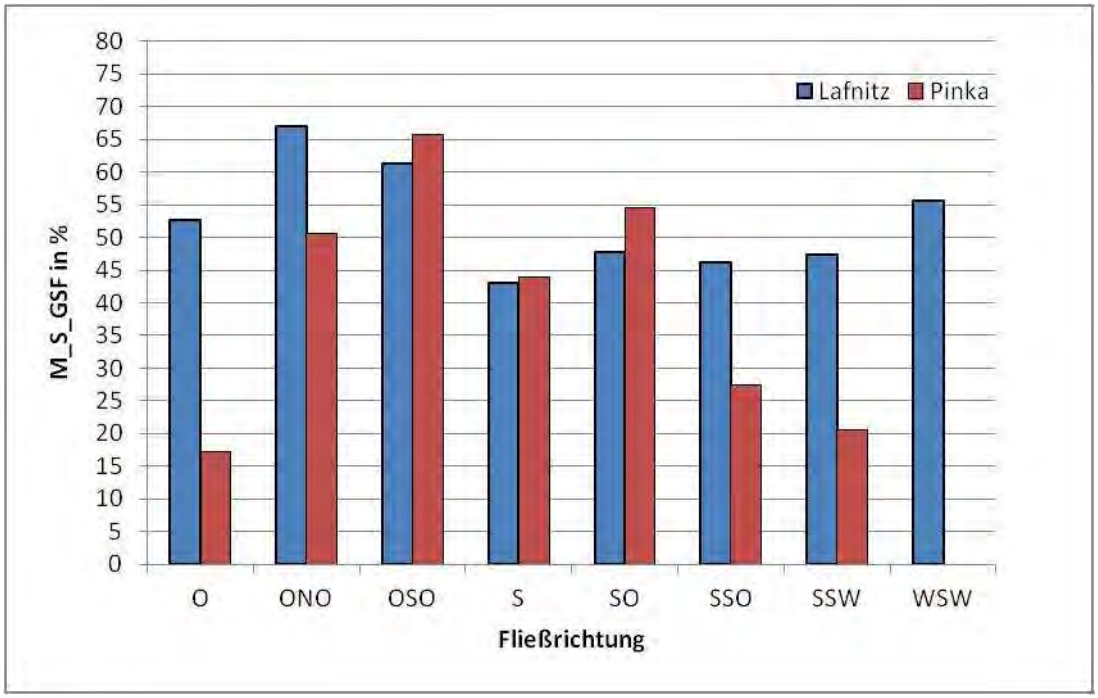


Abbildung 70: Flussmitten (M) Ganztagesstrahlungswerte Sommer (S) 2013 von Lafnitz (n=45) und Pinka (n=50) verglichen mit häufig auftretenden Fließrichtungen; EXCEL, 2013

Die genaue Stichprobenzahl kann aus der Abbildung 38 (S. 65) abgelesen werden, wobei nur jene Fließrichtungen berücksichtigt werden, die zumindest in Summe über vier Transekte der jeweiligen Kategorie verfügen um das Gesamtergebnis von den Einzelwerten unabhängiger zu machen. Anhand der Abbildung sind demnach nur Trends ablesbar, da die Werte nicht aufgrund gleicher Stichprobengröße verglichen werden können.

Abzuleiten ist, dass an der Lafnitz die Strahlungsmengen generell über alle Fließrichtungen sehr ähnlich verteilt sind, wohingegen die Pinka Unterschiede aufweist. So sind beispielsweise die Bereiche an der Pinka stark beschattet, an denen der Fluss in Richtung Osten, Süd-Süd-Osten sowie Süd-Süd-Westen verläuft.

Der Tatsache entsprechend, dass 26 Transekte der Pinka südlich (S und SSO) verlaufen, erhalten die entsprechenden Kategorien einen erhöhten Stellenwert, da diese aus einer wesentlich größeren Stichprobe stammen. So betrachtet, entsteht ein Schwankungsbereich zwischen 27 % GSF (SSO) und 45 % GSF (S). Es werden somit 73 % der Strahlungsmenge an Transekten abgemindert, an denen der Fluss in Richtung SSO verläuft, im Vergleich zu 55 %, bei jenen die südlich verlaufen. Daher ergibt sich eine Schwankungsbreite der Beschattung von 18 %.

5.3.4 Böschungshöhe - Global Site Factor

In der Abbildung 71 (S. 104) werden die Böschungshöhen des jeweiligen Transektes mit den Strahlungswerten der Flussmitte gegenübergestellt. Dies geschieht für die Ganztagesstrahlung sowie für die Mittagsstrahlungsmengen. Beide Böschungshöhen werden im Balkendiagramm übereinander gelegt. Somit lässt sich die tatsächlich gegebene Böschungshöhe durch unterschiedliche farbliche Kennzeichnung herauslesen. Dafür wird der Flussmittenstrahlungswert beider Zeiträume herangezogen, da dieser die Böschung beidseitig berücksichtigt.

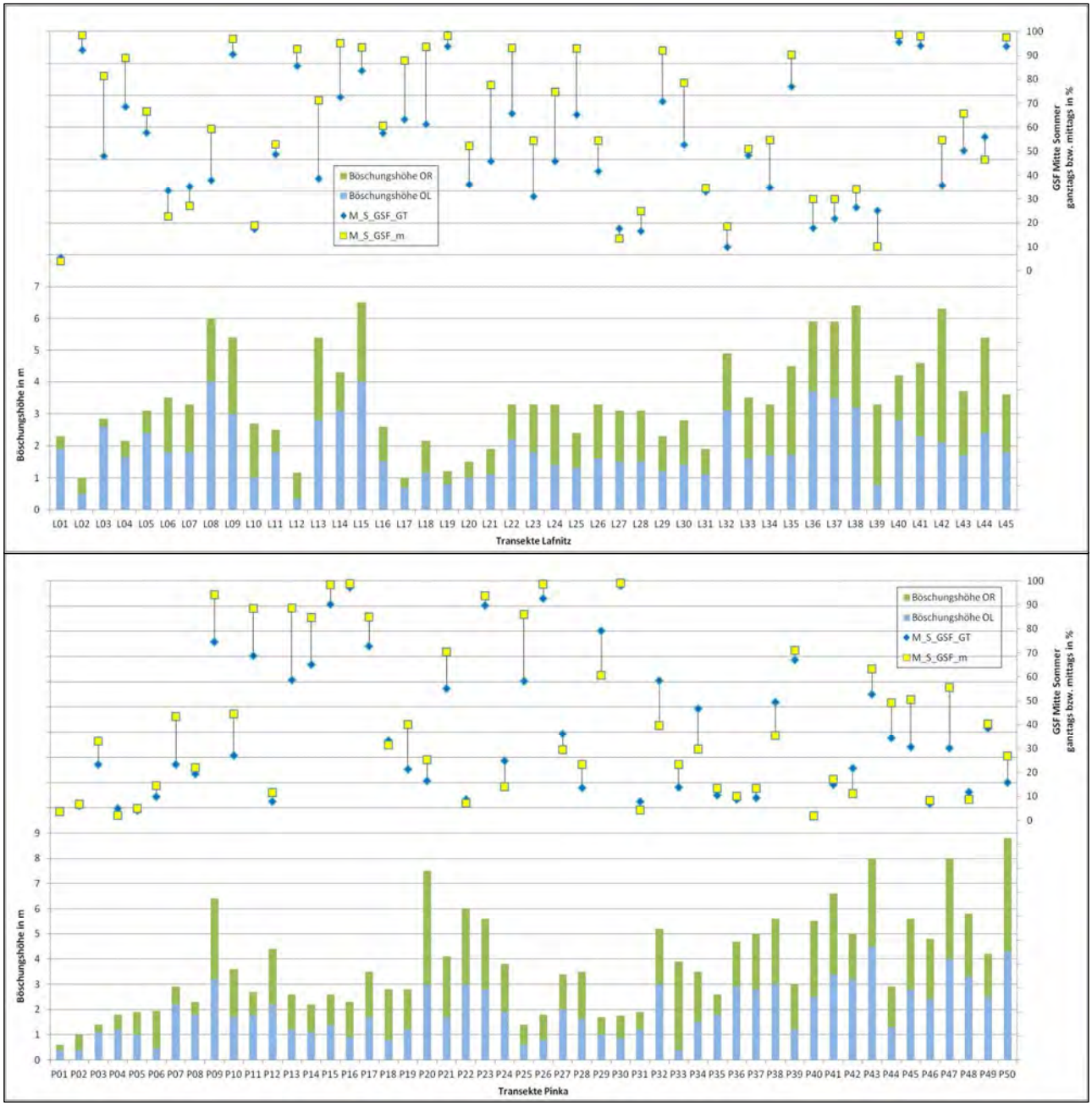


Abbildung 71: Verhältnis GSF Flussmitte (M) ganztags (GT) sowie mittags (m) zu Böschungshöhe OL und OR an der Lafnitz (oben) sowie Pinka (unten) im Sommer (S); Böschungshöhen links (blauer Balken) und rechts (grüner Balken) aufsummiert; EXCEL, 2013

Aus der Abbildung 71 (S. 104) kann abgelesen werden, dass weder die Böschungshöhen noch die dazugehörigen Strahlungswerte einer ablesbaren Systematik folgen. Daraus kann geschlossen werden, dass die Böschungshöhen alleine kaum einen Einfluss auf die Strahlungswerte in der Flussmitte haben.

Diese geringe Wirkung der Böschungshöhe wird zusätzlich bekräftigt durch die im Kapitel 5.2.1 (S. 79) getätigte Analyse. Es werden in diesem Zusammenhang die Flussmitten-strahlungswerte mit den zugehörigen Mittelwerten der Strahlung über den Transekt verglichen. Somit sind in den beiden Flussseitenaufnahmen keine Böschungsbereiche mehr ersichtlich, bei den Flussmittenaufnahmen jedoch schon. Demnach müssten sich bei einer stark beschattenden Wirkung der Böschungen größere Unterschiede betreffend der beiden Strahlungswerte ergeben. Da in allen Aufnahmen die Vegetation berücksichtigt wird, können die Unterschiede nur durch die vorhandene Vegetation entstehen.

5.3.5 Flussbreite - Global Site Factor

In der folgenden Abbildung 72 werden die Strahlungswerte der Flussmitte an der Lafnitz mit der benetzten Wasserfläche und der entsprechenden Flussbreite in Beziehung gesetzt.

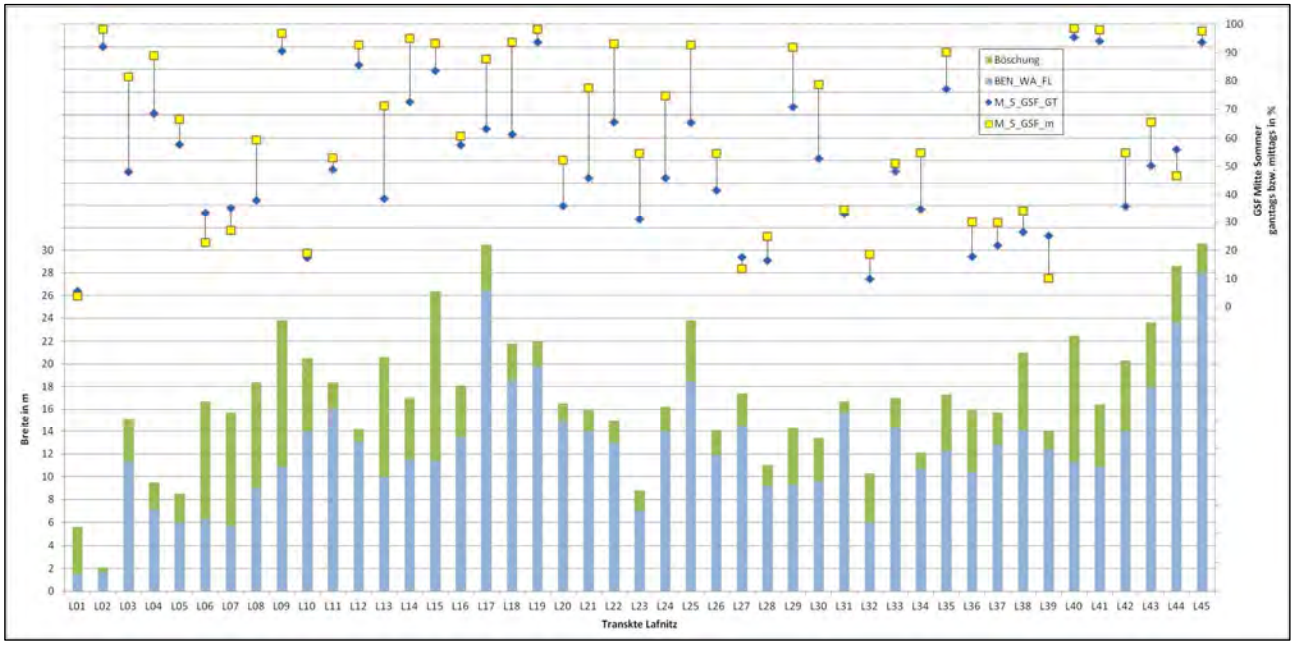


Abbildung 72 Verhältnis GSF Flussmitte (M) ganztags (GT) sowie mittags (m) zu Böschungshöhe OL und OR an der Lafnitz im Sommer (S); grüne Balken Böschungsbreiten addiert und blaue Balken benetzte Wasserfläche; EXCEL, 2013

Anhand der Grafik werden die benetzte Wasserfläche (blau) sowie die addierten Böschungsbreiten (grün) durch Balken dargestellt und mit den darüber liegenden Strahlungswerten in Beziehung gesetzt. Anzumerken ist, dass sich die Flussbreite aus den Komponenten der benetzten Wasser-fläche und den Böschungsbreiten orographisch links und rechts zusammensetzt. Somit ist die Flussbreite stets größer als die benetzte Wasserfläche. Bei manchen Transekten sind die Böschungsbreiten jedoch so gering, dass diese nicht ausgewiesen werden können. Dieser Fall tritt

bei beidseitigen senkrechten Böschungen auf. Aus der Grafik kann abgelesen werden, dass weder die benetzte Wasserfläche noch die dazu-gehörigen Strahlungswerte einer ablesbaren Systematik folgen. Lediglich ganz leichte Abhängigkeiten können beobachtet werden. Daraus kann geschlossen werden, dass die benetzte Wasserfläche beziehungsweise die Flussbreiten nur wenig Einfluss auf den Global Site Factor haben.

In der Abbildung 73 (S. 106) werden die Flussbreiten der Pinka gleich dargestellt wie zuvor bei der Lafnitz. Zu erkennen ist, dass die Werte der benetzten Wasserfläche an der Pinka weniger stark schwanken. Es lässt sich dadurch der anthropogene Einfluss durch Verbauungen erneut erkennen.

Ähnlich der Auswertung der Lafnitz folgen die Werte an der Pinka ebenfalls keinen gut erkennbaren Muster, wobei die GSF Werte geringer sind als jene der Lafnitz.

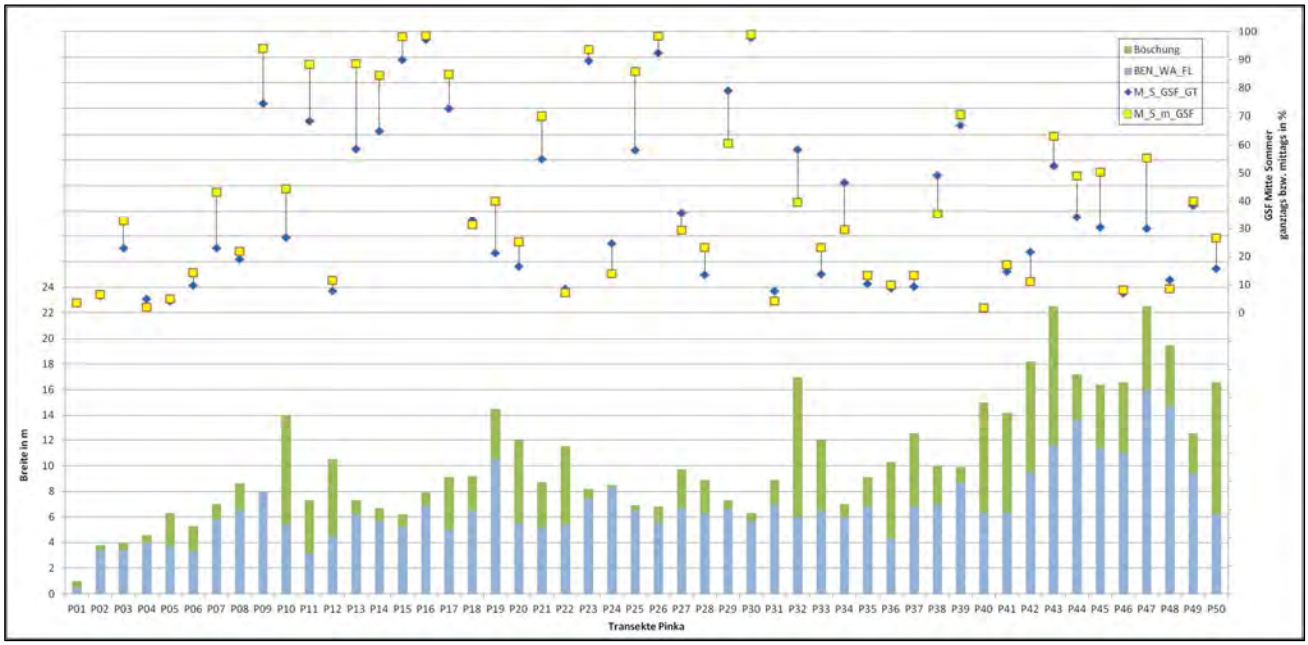


Abbildung 73: Verhältnis GSF Flussmitte (M) ganztags (GT) sowie mittags (m) zu Böschungshöhe OL und OR an der Pinka im Sommer (S); grüne Balken Böschungsbreiten addiert und blaue Balken benetzte Wasserfläche; EXCEL, 2013

Zusammenfassend kann beobachtet werden, dass die Lafnitz mit höheren Flussbreiten auch höhere GSF - Werte in der Flussmitte aufweist als die Pinka, die über geringe Breite und niedrigere Strahlungswerte verfügt.

5.3.6 Ufersaum - Global Site Factor

Die folgende Abbildung 74 analysiert die häufig vorgefundenen Kategorien im Hinblick auf deren sommerliche GSF Werte in der Gewässermitte (siehe Kapitel 5.1.3, S. 71). Der Strahlungszeitraum wird für den gesamten Tag herangezogen, da sonst breitere Ufersäume über 20 m keinen Einfluss haben.

Als Grundlage für die Erstellung wurde der jeweilige Strahlungswert der Stellen gemittelt, die sich in einer Ufersaumkombinationsklasse befinden. Diese Werte werden im Bezug zum Strahlungsmittelwert aller Messstellen dargestellt.

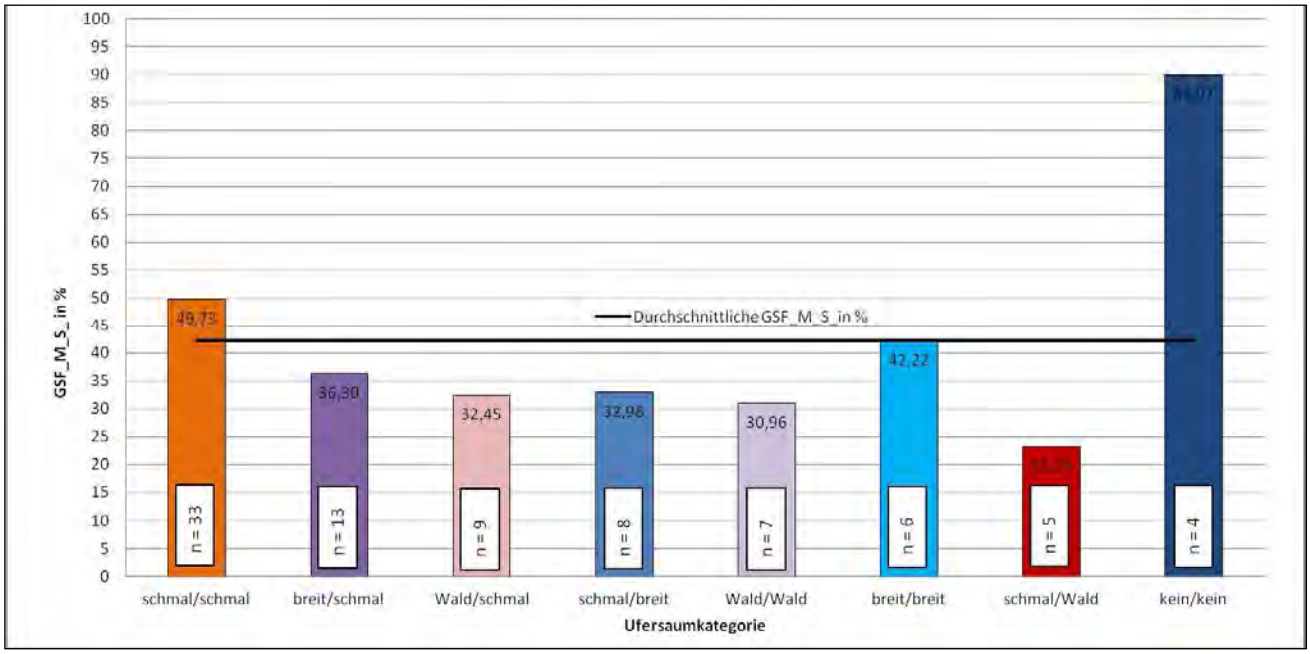


Abbildung 74: Beschattungssituation der Flussmitten (M) entsprechend der häufig angetroffenen Ufersaumkategorien im Sommer (S); EXCEL, 2013

Bei der Interpretation der Ergebnisse in Abbildung 74 muss die unterschiedliche Stichprobengröße berücksichtigt werden. Durch die vorangegangene Mittelwertbildung können jedoch starke Ausreißer und deren Einfluss auf das Ergebnis abgeschwächt werden. Nach der Bildung des durchschnittlichen GSF Wertes, der über alle 95 Transekte erstellt wird, erhält man das genaueste Ergebnis für die Kategorie, die über die größte Stichprobe verfügt (schmal/schmal). Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet kann das Ergebnis leichten Schwankungen unterliegen, die sich in Richtung der geringeren Stichproben Kategorien vergrößern.

Nach Gegenüberstellung der Daten wird so ersichtlich, dass die Kategorie schmal/schmal unterhalb des GSF-Durchschnittes liegt, was somit einem Drittel der Transekte entspricht. Alle anderen Kategorien verfügen über eine stärkere Beschattungssituation mit Ausnahme der Transekte, die über beidseitig keine Vegetation verfügen. Obwohl nur wenige Transekte in diese Kategorie fallen, ist an diesen Stellen eine starke Strahlungszunahme zu erkennen.

Im Gegensatz dazu tritt die stärkste Beschattung dann auf, wenn das orographisch rechte Ufer mit Wald bestockt ist und das gegenüberliegende Ufer einen schmalen Saum aufweist.

In Tabelle 19 werden im Gegensatz zur ganzheitlichen Betrachtung der unterschiedlichen Ufersaumkategorien auf den Strahlungswert nun tabellarisch die Strahlungswerte beider Flüsse separat dargestellt.

Beide Flüsse haben ihr Beschattungsminimum an Bereichen ohne Ufervegetation (rot markiert). Die Bereiche an denen die stärkste Beschattung gegeben ist variieren. So verfügt die Lafnitz über gute Werte der Kategorie schmal/Wald und Pinka bei Wald/schmal (grün markiert).

Tabelle 19: GSF Werte in % von Lafnitz und Pinka dargestellt nach Ufersaumkategorie, Mittelwert über gebildete Kategorie; 2013

Kategorie	GSF Wert der Flussmitte in Prozent Lafnitz	GSF Wert der Flussmitte in Prozent Pinka
Schmal/schmal	59,41	41,07
Breit/schmal	44,32	29,58
Wald/schmal	39,64	7,27
Schmal/breit	37,88	28,07
Wald/Wald	60,82	8,57
Breit/breit	52,26	22,16
Schmal/Wald	26,96	17,67
Kein/kein	93,85	86,08
GSF Mittelwert	51,89	30,06

5.3.7 Vegetationszahl - Global Site Factor

In diesem Kapitel wird die vorhandene Vegetation den Strahlungswerten gegenübergestellt. Wie bereits in den vorangegangenen Punkten beschrieben, wurde die Vegetation an den Transekten sehr differenziert erhoben. Um eine Vergleichbarkeit mit den errechneten Strahlungswerten zu ermöglichen, wird die eigens dafür erstellte Vegetationszahl herangezogen (siehe Kapitel 4.2.1, S.42).

Über die gesamte Transektbreite beider Flüsse betrachtet, wird der höchste Wert mit 37,5 % am Transekt Pinka 07 beobachtet (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Vegetationsmatrix Transekt Pinka 07 über die Gesamtransektbreite zur Berechnung der Vegetationszahl; EXCEL 2013

Transekt Pinka 07 - Gesamttransektbreite									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*
1	100	50	0	50,00	*12*	0	10	5	5,00
2	100	40	10	50,00	*13*	20	0	50	23,33
3	15	0	55	23,33	*14*	85	0	80	55,00
4	80	5	40	41,67	*15*	100	0	80	60,00
5	65	0	0	21,67	*16*	100	0	80	60,00
6	20	0	0	6,67	*17*	100	0	80	60,00
7	85	30	0	38,33	*18*	100	0	60	53,33
8	90	15	0	35,00	*19*	5	0	0	1,67
9	100	0	0	33,33	*20*	0	20	40	20,00
10	100	0	0	33,33	*21*	90	90	40	73,33
11	100	0	0	33,33	*22*	20	30	90	46,67
Gesamt OL	77,73	12,73	9,55	**33,33**	Gesamt OR	56,36	13,64	55,00	**41,67**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
37,50									

Dies lässt sich durch eine visuelle Begutachtung in Abbildung 75 bestätigen. Die Pinka durchfließt in diesem Abschnitt ein großes Waldstück nördlich der Ortschaft Pinggau. Es ist erkennbar, dass der Wasserkörper durch beidseitig hohe und dichte Vegetation eingesäumt ist, wobei das rechte Ufer einen um rund 8 % höheren durchschnittlichen Bedeckungsgrad aufweist als das linke Ufer. Mit einem GSF Wert von 23 % weist dieser Transekt auch einen günstigen Beschattungswert auf.

Würde an allen Transekten auf allen Plots die gleiche Dichte der Vegetation bestehen, so würde bei der Verringerung der Plots sich das Ergebnis nicht verändern. Da dies jedoch nicht den Regelfall an den Aufnahmestellen darstellt, wird durch diese Vorgehensweise versucht, den Unterschied der Vegetationsdichte über die Transektbreite herauszufiltern.

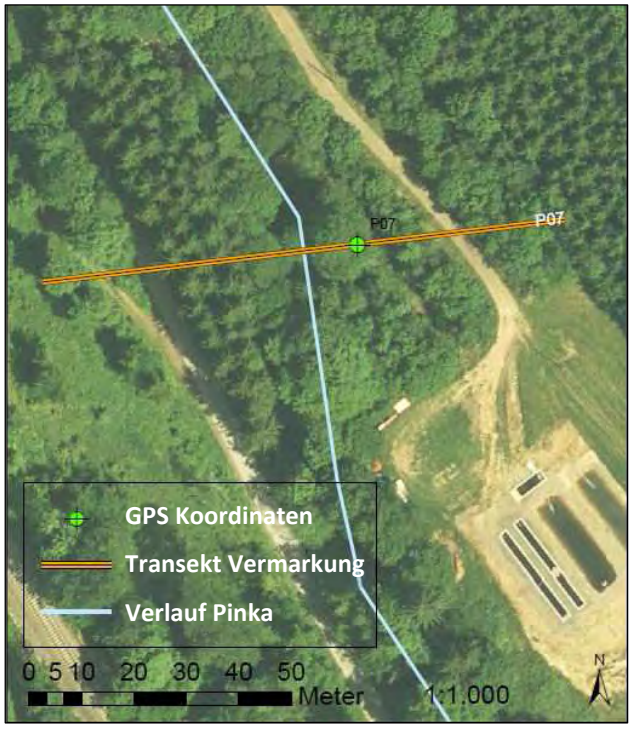


Abbildung 75: Transekt Pinka 07 in der Gemeinde Pinggau, Vegetationsdichte am Transekt; ArcGIS, 2013

Wie im Kapitel 5.1.3 (S. 71) bereits erklärt wurde, dass die Vegetation mit zunehmender Entfernung zum Wasserkörper abnimmt, soll dies anhand der Vegetationszahl bekräftigt werden. Aufgrund dessen wird die Dichte der Vegetation anhand der Vegetationszahl über die ersten 4 Plots inklusive Böschung am jeweiligen Ufer und gesamt dargestellt (siehe Kapitel 4.2.1, S. 42).

Dies wird anhand des Transektes Pinka 08 veranschaulicht, welcher sich circa 200 m flussabwärts von Transekt Pinka 07 befindet. Der Transekt zeigt über die Gesamttransektbreite eine Vegetationszahl von 12, wo hingegen auf die gewässernahen Bereiche ein doppelt so hoher Wert von 24 erreicht wird. Anzumerken ist, dass am Transekt Pinka 08 lediglich 4 Plots (2 pro Ufer) bestockt, diese jedoch sehr dicht sind (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Vegetationsmatrix Transekt Pinka 08 - Ufersaum bis 22 m von der Wasseranschlagskante; EXCEL, 2013

Vegetationsmatrix für Transekt Pinka 08 - Ufersaum bis ca. 22 m von Wasseranschlagskante									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*	Plot	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*ø Bed. Grad% pro Plot*
1	100	80	20	66,67	*12*	100	50	80	76,67
2	40	30	15	28,33	*13*	95	25	70	63,33
3	0	0	0	0,00	*14*	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0,00	*15*	0	0	0	0,00
5	0	0	0	0,00	*16*	0	0	0	0,00
Gesamt OL	28,00	22,00	7,00	**19,00**	**Gesamt OR**	39,00	15,00	30,00	**28,00**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
24									

Die Situation des Ufersaumes am Transekt kann einer beidseitig dichten und mit Bäumen durchsetzten Hecke gleichgesetzt werden, die bis zum Erdreich belaubt ist (siehe Abbildung 76). Diese beschattet von allen Seiten, auch durch den gegebenen Kronenschluss, den Gewässerkörper sehr stark. Dadurch begründet sich ein GSF Wert von 19 % und verdeutlicht, dass ein schmaler, jedoch beidseitig sehr dichter Ufervegetationsstreifen eine hohe Beschattungsleistung aufweisen kann. Anhand des Vergleichs der beiden Transekte, welche räumlich sehr nahe gelegen sind, wird erkennbar, dass sich die Dichte der Uferbegleitvegetation über die Transektbreite stark verändern kann.

So wird in weiterer Folge geprüft, wie sich die Dichte der Vegetation über beide Flussläufe entsprechend deren Entfernung zum Wasserkörper anhand der Vegetationszahl verändert.

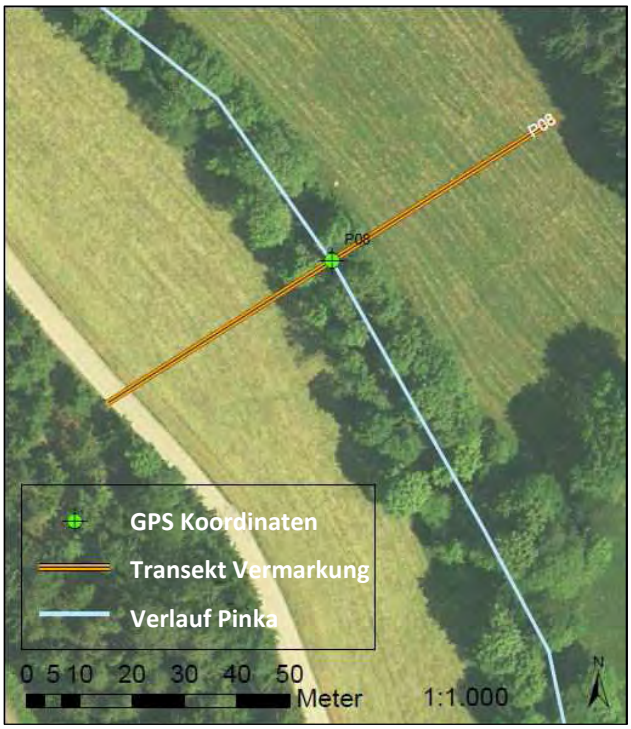


Abbildung 76: Transekt Pinka 08 in der Gemeinde Pinggau, Vegetationsdichte am Transekt; ArcGIS, 2013

Bei beiden Flüssen wird nach Bildung der Vegetationsmittelwerte über gewässernahe (≤ 22 m) und gewässerferne (≥ 22 m) Bereiche erkennbar (Tabelle 22), dass mit zunehmender Entfernung zum Gewässer die Dichte der Vegetation abnimmt. So kann beobachtet werden, dass an der Lafnitz die Dichte der Vegetation ab circa 22 m um rund die Hälfte abnimmt. Auch an der Pinka ist die durchschnittliche Bodenbedeckung der gewässerfernen Bereiche um 54,5 % verringert. Über die Gesamttransektbreite berechnet und im Mittel über beide Ufer verfügt die Pinka über 15 % weniger Vegetation als die Lafnitz.

Tabelle 22: Durchschnittliche Bodenbedeckung je Vegetationsschicht - gewässernahe (≤ 22 m) und gewässerferne (≥ 22 m) Bereiche sowie Unterschied in Prozent für die Flüsse Lafnitz und Pinka; EXCEL, 2013

Gewässernahe Bereiche bis circa 22 Meter Entfernung von der Wasseranschlagskante									
	linkes Ufer				rechtes Ufer				Gesamt
	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	BEIDE UFER
Lafnitz	40	13	14	**22**	35	13	15	**21**	***22***
Pinka	36	10	9	**18**	35	10	12	**19**	***19***

Gewässerferne Bereiche ab circa 22 Meter Entfernung von der Wasseranschlagskante									
	linkes Ufer				rechtes Ufer				Gesamt
	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	BEIDE UFER
Lafnitz	30	5	6	**14**	13	6	7	**9**	***11***
Pinka	21	5	1	**9**	16	5	3	**8**	***9***

Unterschied in %	linkes Ufer				rechtes Ufer				Gesamt
Lafnitz	25	62	57	**36**	63	54	53	**57**	***50***
Pinka	42	50	89	**50**	54	50	75	**58**	***53***

Betrachtet man nur die Böschungen (siehe Tabelle 23), so ergibt sich, dass die Pinka um circa 10 % eine weniger dichte Vegetation aufweist als die Lafnitz. Diese verminderte Dichte ergibt sich aufgrund der geringeren Werte der linken Böschungen. Betrachtet man die durchschnittlichen Bodenbedeckungen an der Pinka, so erkennt man, dass die rechten Böschungen um circa 7 % dichter bestockt sind. Diesbezüglich kann auf Abbildung 66 (S. 98) verwiesen werden, bei der ersichtlich wird, dass an den rechten Ufern der Pinka die GSF Werte geringer ausfallen als auf dem anderen Ufer.

Tabelle 23: Durchschnittliche Bodenbedeckung je Vegetationsschicht gebildet über die Böschung in Prozent für beide Flüsse; EXCEL, 2013

Böschung									
	linkes Ufer				rechtes Ufer				Gesamt
	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	Bed. Grad% B1	Bed. Grad% B2	Bed. Grad% STR	Durchschnitt Bed. Grad%	BEIDE UFER
Lafnitz	43	25	23	**30**	49	21	19	**29**	***30***
Pinka	51	14	13	**26**	50	18	17	**28**	***27***

Weiterführend werden alle Transekte an Lafnitz und Pinka, getrennt nach deren Vegetationszahl für die Gesamttransektbreite sowie für die Böschung und deren angrenzenden 4 Plots, dem im Sommer gemessenen Flussmitten GSF Wert gegenüber gestellt.

Zuerst wird der Vergleich der unterschiedlichen Vegetationszahlen mit den Strahlungswerten für die Lafnitz in Abbildung 77 (S. 112) angestellt. An allen Transekten, wo kein grüner Balken zu erkennen ist, tritt die Vegetation über die Gesamttransektbreite dichter oder gleich dicht auf als

über die ersten rund 22 m des Ufersaumes (beide Ufer kurz) angrenzend an die Wasseranschlagskante. Dies kann an 7 von 45 Transekten beobachtet werden.

Zwecks besserer Darstellung wird in Abbildung 77 der GSF Wert als Ganztagesbeschattungswert abgebildet. Dabei stellt diese Größe die Differenz von 100 minus des GSF-Wertes in Prozent dar. Der Wert beschreibt im Gegensatz zum GSF – Wert, wie viel Prozent der Strahlung durch Hindernisse abgeschirmt werden.

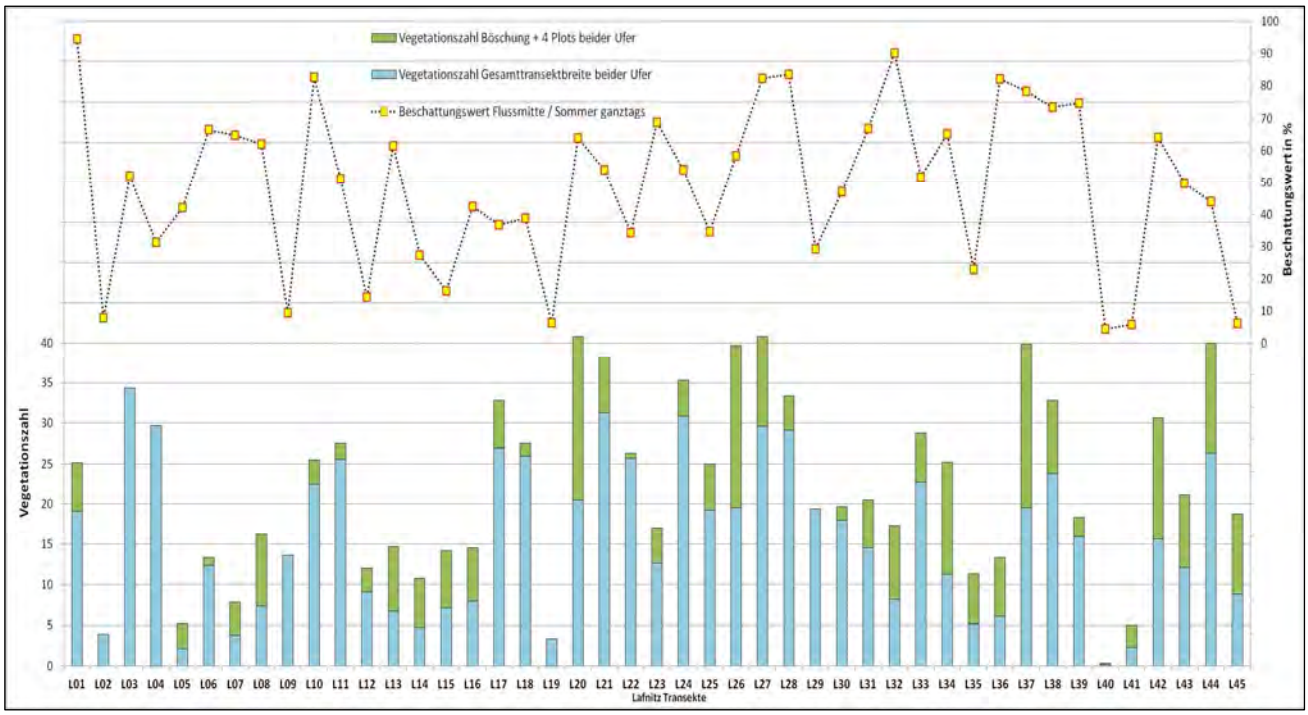


Abbildung 77: Vergleich der Vegetationszahl über die Gesamttransektbreite (blaue Balken) sowie für die „Böschungen und angrenzende 4 Plots“ (grüne Balken) mit den Beschattungswerten der Flussmitte im Sommer an der Lafnitz; EXCEL, 2013

Die Grafik lässt erstmalig einen gewissen Zusammenhang zwischen den Strahlungswerten und der Ufervegetation (dargestellt als Zahlenwert) erkennen. An einigen Transekten gleichen sich die Strahlungswerte mit der vorhandenen Vegetation. So wird an Stellen eine starke Beschattung erreicht, wo viel Vegetation vorhanden ist, beziehungsweise wenig Beschattung bei kaum vorhandener Vegetation.

An einigen Transekten kann dieser Zusammenhang jedoch nicht in dieser Art beobachtet werden. Es ist demnach nicht die Vegetation über die komplette Transektbreite beziehungsweise über die ersten rund 22 m alleine ausschlaggebend.

Daher wird in Folge der Einfluss des Überhanges der Vegetation an den Böschungen im nachfolgenden Kapitel 5.3.8**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (S. 113**Fehler! Textmarke nicht definiert.**) analysiert.

Auch an der Pinka (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) erhält man ein ähnliches Ergebnis. Interessant zu beobachten ist in diesem Fall der Transekt P 30, an dem überhaupt keine Vegetation in den drei Schichten vorhanden ist und der entsprechende Beschattungswert daher gegen null strebt.

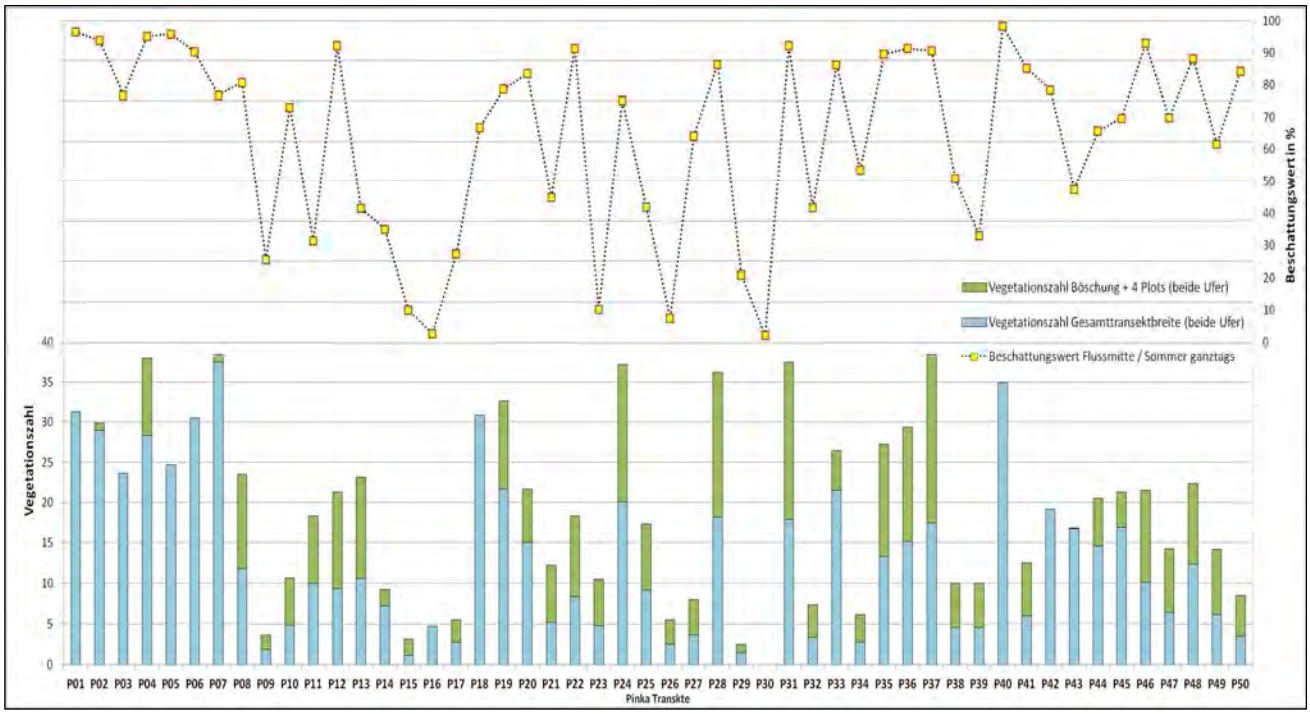


Abbildung 78: Vergleich der Vegetationszahl über die Gesamttransektbreite (blaue Balken) sowie für die „Böschungen und angrenzende 4 Plots“ (grüne Balken) mit den Beschattungswerten der Flussmitte im Sommer an der Pinka; EXCEL, 2013

Betrachtet man nun die Ergebnisse beider Flüsse, so muss angemerkt werden, dass durch eine im Vorfeld getätigte Korrelationsanalyse ein mittelgradig negativer Zusammenhang für die Vegetationszahl der Gesamttransektbreite beider Ufer mit dem GSF - Wert der Flussmitten mit -,456** errechnet wurde.

5.3.8 Lichtraum - Global Site Factor

Im folgenden Kapitel wird der Einfluss der Vegetation direkt an den Böschungen und den daraus möglichen Überhang auf die Strahlungsmengen betrachtet. Dies geschieht anhand der Gegenüberstellung des Lichtraumes zur Flussmittenstrahlungsmenge sowie anhand der vorhandenen Überhänge im Bezug zu den Flussseitenstrahlungsmengen (siehe Abbildung 27, S. 42).

Per Definition errechnet sich der Lichtraum aus benetzter Wasserfläche minus beidseitigen Überhang der Vegetation. Somit ist dieser Lichtraum abhängig von der benetzten Wasserfläche. Ist diese groß, so kann auch ein großer Lichtraum erreicht werden, wo hingegen bei einem schmalen Gewässerlauf der Lichtraum eher gering sein wird. Dies jedoch unter der Voraussetzung einer vorhandenen Vegetation an den Böschungen. Statistisch wurde diese Annahme durch eine Korrelation bestätigt, die einen stark positiven Zusammenhang mit 0,701** ausdrückt.

Daher wird bei der Abbildung 79 und Abbildung 82 (S. 116) der Lichtraum in Bezug zur benetzten Wasserfläche in Prozent herangezogen. So beschreibt ein Lichtraum von 100 % eine Gewässerrinne, die durch keine Vegetation überschirmt wird. Wenn der Lichtraum in Prozent zur benetzten Wasserfläche null beträgt, liegt ein Kronenschluss vor.

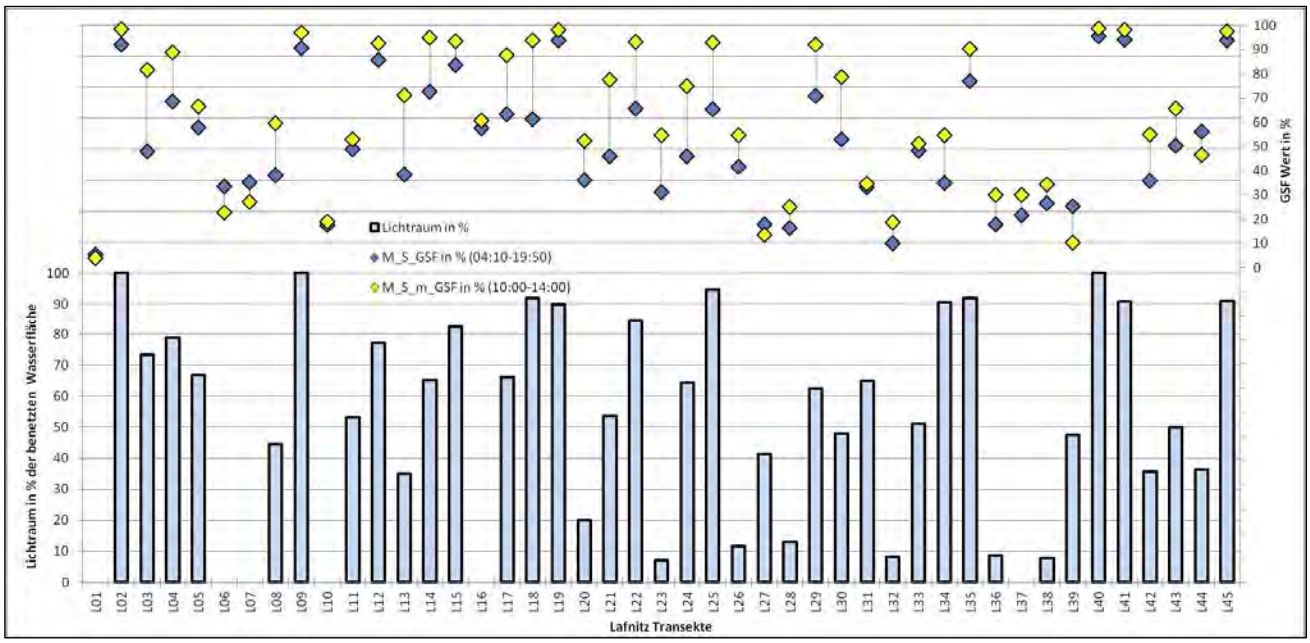


Abbildung 79: Lichtraum in Prozent der benetzten Wasserfläche verglichen mit dem Flussmittenstrahlungswert ganztags sowie mittags an der Lafnitz; EXCEL, 2013

Man erkennt einen guten Zusammenhang mit der Strahlung, jedoch gibt es einen entscheidenden Einflussfaktor, welcher durch diese Vorgehensweise nicht ausgeschlossen werden kann. Dieser wirkt sich dann aus, wenn sich lediglich zwei Äste beziehungsweise Astteile über der Wasserfläche treffen, was per Definition schon automatisch einen Kronenschluss bedeutet.

Bei Transekt Lafnitz 16 kann eine derartige Situation beobachtet werden. Es besteht an diesem Transekt kein Lichtraum, welcher sich jedoch durch eine breite und stark lückenhafte Überschirmung ergibt. Dieser schmale Kronenschluss kann jedoch bei weitem nicht so viel Strahlung absorbieren wie an vergleichbaren Transekten mit großflächigem, teilweise mehrschichtigem Vegetationsüberhang. Daher ergeben sich Ausreißer bei der Lichtraumdarstellung in Abbildung 79 (S. 114). Durch diese lückenhafte Überschirmung kann das Sonnenlicht zu einem hohen Anteil ungehindert bis an die Wasseroberfläche durchdringen.

Folgend wird diese Problematik anhand von zwei hemisphärischen Aufnahmen verdeutlicht (siehe Abbildung 80, S. 115). Beide Transekte verfügen über einen Kronenschluss, wobei wie bereits angesprochen bei Lafnitz 16 dieser nur teilweise gegeben ist, wohingegen bei Transekt Lafnitz 01 ein sehr dichter, geschlossener Überhang zu erkennen ist.

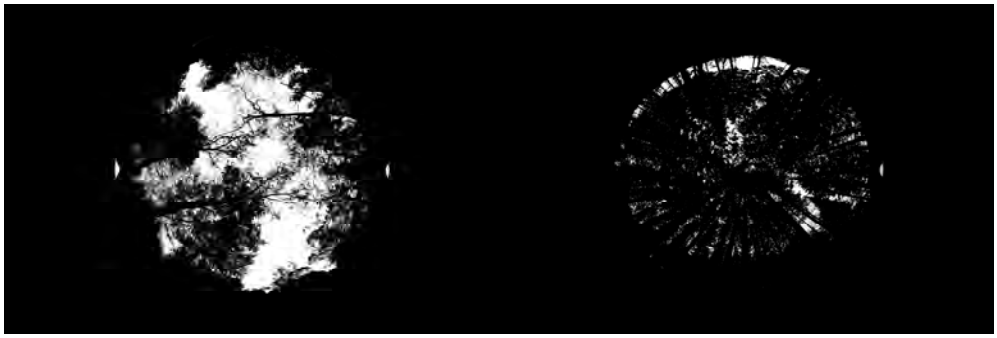


Abbildung 80: Gegenüberstellung der hemisphärischen Aufnahmen Lafnitz 16 (Gde. Neustift links) zu Lafnitz 1 (Gde. Vornholz rechts); links 15.07.2013 und rechts 08.07.2013

Eine weitere Fehlerquelle ist gegeben, wenn der Relationswert Flussbreite zu Lichtraum ein weitaus höheres Ergebnis liefert, als durch den GSF Wert tatsächlich gemessen wurde. Dies ist dann der Fall, wenn kein oder nur wenig Überhang vorhanden ist, welcher die benetzte Wasserfläche überschirmen kann, der GSF Wert jedoch niedrig ist.

Als Beispiel wäre der Transekt Lafnitz 34 zu nennen, welcher beidseitig circa 15 - 20 m hohe Baumreihen an den Böschungen aufweist, jedoch kaum einen Überhang (siehe Abbildung 81).

Abbildung 81: Hemisphärische Aufnahme am Transekt Lafnitz 34 (Gde. Deutsch Kaltenbrunn); 06.08.2013

Als Sonderfall ergeben sich bei einigen Transekten stärkere Beschattungswerte über die Mittagszeit im Vergleich zu den Ganztages-Strahlungswerten. Dies tritt häufig dann auf, wenn der Flusslauf von Westen nach Osten verläuft. In diesem Fall kann das Sonnenlicht im Zeitraum von 10:00 - 14:00 Uhr weniger stark einfallen. Beispiele hierfür wären L06, L07, L39 sowie L44.

Im Vergleich zur Lafnitz kann bei der Pinka anhand der Abbildung 82 (S. 116) beobachtet werden, dass wesentlich mehr Transekte (21 Stück) über keinen Lichtraum verfügen. Somit kann erklärt werden, dass fast an der Hälfte der Transekte an der Pinka eine starke Beschattungssituation gegeben ist. Dies lässt sich auch daran erkennen, dass die Strahlungswerte sich bei einem Flussmitten-GSF Wert von meist 30 % und darunter bewegen.

Bei den Transekten, die hingegen über viel Lichtraum verfügen, sind die entsprechenden Strahlungswerte wesentlich höher. An der Lafnitz errechnet sich ein durchschnittlicher Lichtraum von 51 % im Vergleich zu 35,5 % an der Pinka. Anzumerken ist, dass der Lichtraum in Bezug zur benetzten Wasserfläche in Prozent herangezogen wird, da die Werte sonst nicht miteinander zu vergleichen sind.

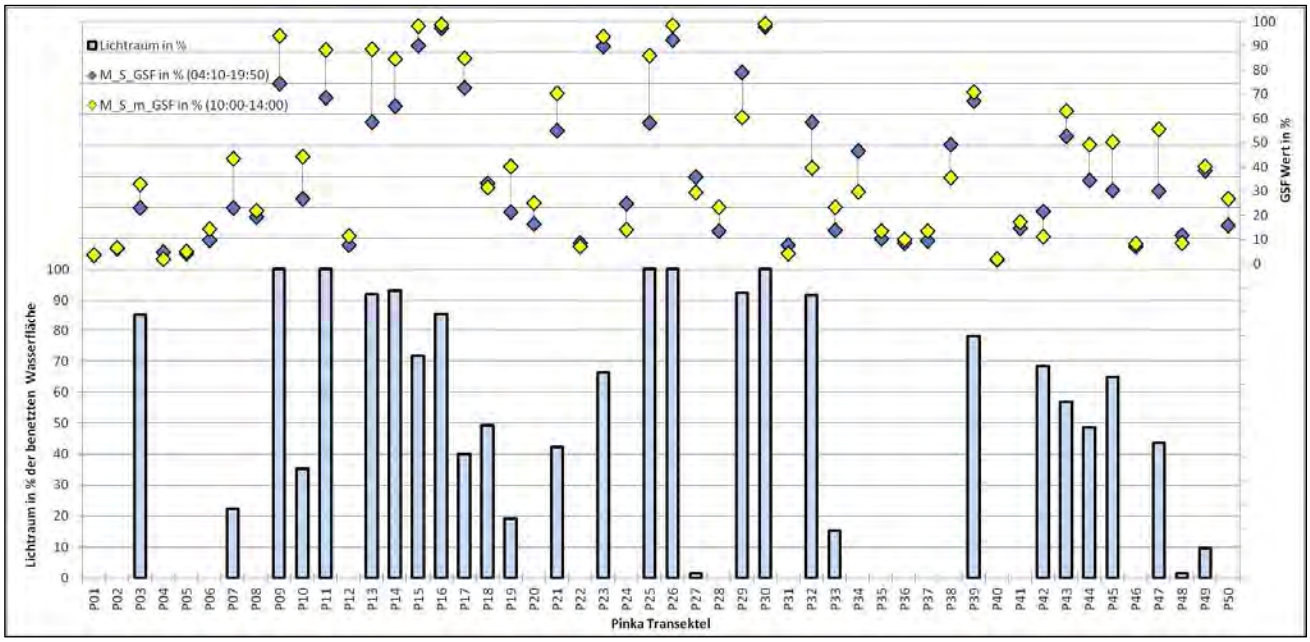


Abbildung 82: Lichtraum in Prozent der benetzten Wasserfläche verglichen mit dem Flussmittenstrahlungswert ganztags sowie mittags an der Pinka; EXCEL, 2013

5.3.9 Kronenschluss – Global Site Factor

Um zu prüfen, wie sich der Vegetationsüberhang zusammensetzt und auf die jeweiligen GSF Werte auswirkt, wird in nachfolgenden Abbildungen der jeweilige Überhang mit den Flussseiten GSF Werten gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung beider Ufer wird an der Lafnitz ein durchschnittlicher Überhang je Uferseite von 2,9 m, im Vergleich der Pinka mit 2,6 m, beobachtet. Bei der vorliegenden Abbildung 83 (S. 117) werden die Strahlungswerte der beiden Ufer im Vergleich zum Überschirmungsgrad dargestellt. Als Grundlage hierfür wird die Überschirmung in Metern in Prozent der jeweiligen benetzten Wasserfläche ausgedrückt.

Wenn von beiden Ufern aus ein Überhang gegeben ist, der in Summe größer ist als die benetzte Wasserfläche, dann wird von Kronenschluss gesprochen. Dies tritt am Beispiel der vorliegenden Grafik dann auf, wenn beide Balken der Überhänge in Summe 100 % der benetzten Wasserfläche erreichen. Zur besseren Lesbarkeit wurden die Transekte, die über einen Kronenschluss verfügen, schwarz umrahmt. Es handelt sich im Falle der Lafnitz um sechs Transekte. Analog dazu kann vom Kronenschluss gesprochen werden, wenn zumindest von einer Uferseite eine Überschirmung ausgeht, welche den Wasserkörper zu 100 % überschirmt.

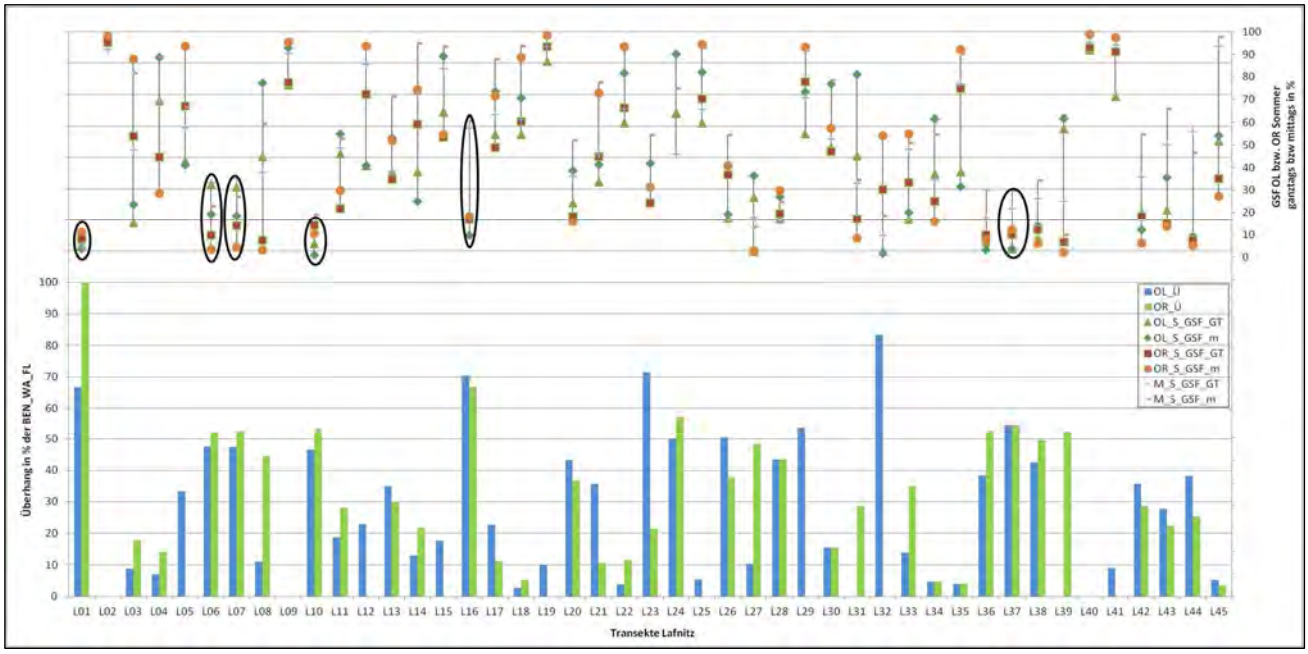


Abbildung 83: GSF Werte orographisch links (OL), Flussmitte (M), orographisch rechts (OR), jeweils ganztags (GT) bzw. mittags (m) im Vergleich zum Überhang (Ü) orographisch links und rechts an der Lafnitz; EXCEL, 2013

Übersteigen die beiden Werte in Summe die 100 %, so ist dies ein Indikator dafür, dass ein mehrschichtiger und somit dichter Überhang gegeben ist, welcher eine stärkere Beschattung begünstigt. Gut erkennen lässt sich eine solche Situation an den Transekten L01, L16 sowie in abgeschwächter Form an Lafnitz 37.

Speziell bei Transekten mit Kronenschluss kann festgestellt werden, dass die GSF Werte generell niedrig sind. Auch wird ersichtlich, dass die Streuung der Mittags- sowie Ganztagesstrahlungswerte geringer wird, wenn ein stärkerer Überhang gegeben ist. Dies betrifft verstärkt die Mittagsstrahlungswerte im Zeitraum von 10 - 14 Uhr, bedingt durch den hohen Sonnenstand und die dadurch stärkere Beschattungswirkung von Vegetation direkt über dem Wasserkörper. Beispiele hierfür sind die Transekte Lafnitz 26, 28 und 38.

Die gleiche Betrachtungsweise wie bei der Lafnitz führt bei der Pinka zu folgenden Ergebnissen. Anhand der Abbildung 84 (S. 118) wird erkennbar, dass mehr Transekte mit Kronenschluss vorhanden sind als bei der Lafnitz. Als Erklärung hierfür kann die geringere Gewässerbreite der Pinka herangezogen werden, denn aufgrund dieser kann es leichter durch Überschirmung der Wasserfläche zu einem Kronenschluss kommen.

Obwohl an der Pinka die Überhänge im Durchschnitt geringer ausfallen, wird aufgrund der geringeren Gewässerbreite häufiger ein Kronenschluss beobachtet. Beidseitig starke Vegetationsüberhänge treten verstärkt im Oberlauf auf, wo die benetzte Wasserfläche bedingt durch die geringe Durchflussmenge schmal ist beziehungsweise ausgedehnte Nadelwälder an beiden Ufern vorhanden sind. So reicht bereits ein Überhang von 0,5 m bei Pinka 1 aus, um einen Kronenschluss zu erzeugen.

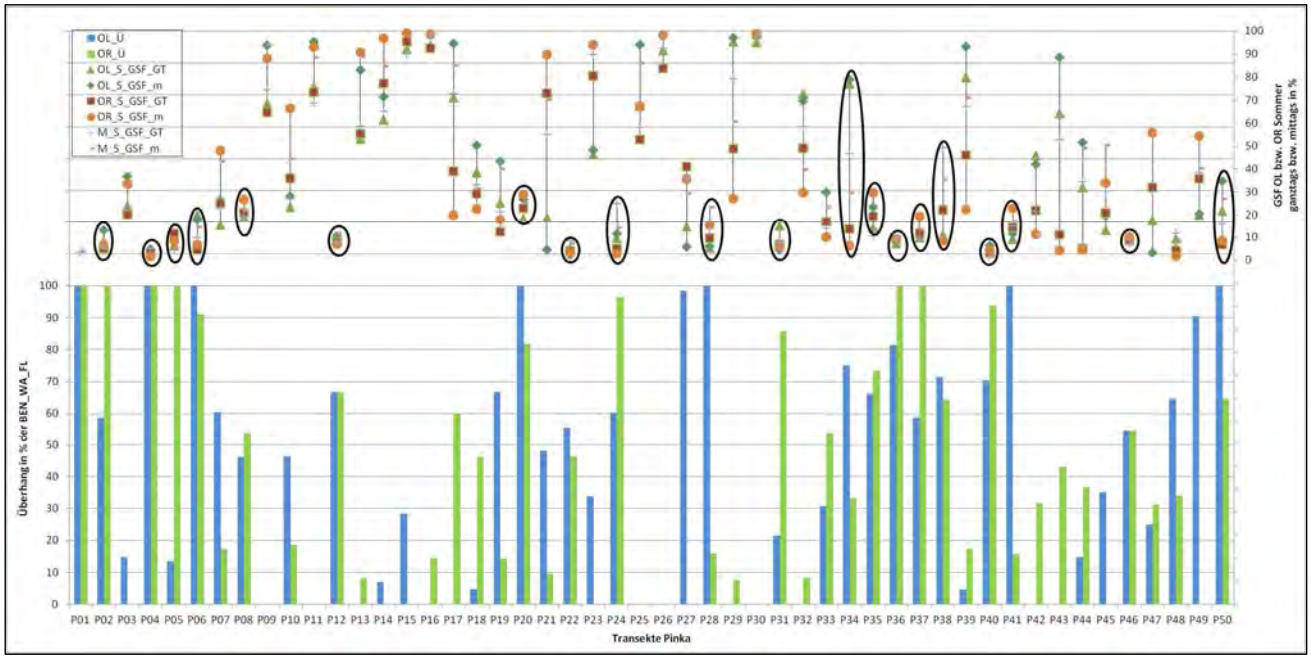


Abbildung 84: GSF Werte orographisch links (OL), Flussmitte (M), orographisch rechts (OR), jeweils ganztags (GT) bzw. mittags (m) im Vergleich zum Überhang (Ü) orographisch links und rechts an der Pinka; EXCEL, 2013

Transekte ohne Überschirmung beziehungsweise mit lediglich vereinzelt auftretender Vegetation verfügen über hohe Strahlungswerte. Der Kronenschluss an der Pinka bewirkt, dass die Strahlungswerte weniger stark streuen. Lediglich bei Transekt Pinka 34 können stärkere Unterschiede beobachtet werden. Diese lassen sich aufgrund eines Kronenschlusses, welcher durch einen abgestorbenen Baum bewirkt wird, erklären.

In Gesamtheit betrachtet, lässt sich durch die Grafiken ableiten, dass eine Überschirmung des Wasserkörpers den Strahlungswert generell verringert. Bei einseitig stark ausgeprägtem Überhang werden die Strahlungswerte dieser Flussseite entsprechend vermindert. Sofern ein Kronenschluss vorliegt, wird auch der Flussmittenstrahlungswert reduziert.

In den folgenden Abbildungen werden die Strahlungswerte mit und ohne Kronenschluss separat dargestellt und jeweils mit dem durchschnittlichen GSF Flussmittenwert der verglichen. Im Flussverlauf der Lafnitz wurde an 6 von 45 Aufnahmestellen ein Kronenschluss durch Vegetation festgestellt (siehe Abbildung 85, S 119). Erkennbar wird, mit Ausnahme des Transektes Lafnitz 16, dass an diesen 6 Stellen eine stärkere Beschattungssituation in der Flussmitte im Vergleich zum Flussmittendurchschnitt aller 45 Transekte gegeben ist. Der höhere GSF Wert lässt sich dadurch begründen, dass lediglich ein circa 5 m breiter Bereich im Flussverlauf vorherrscht, an dem ein Kronenschluss gegeben ist.

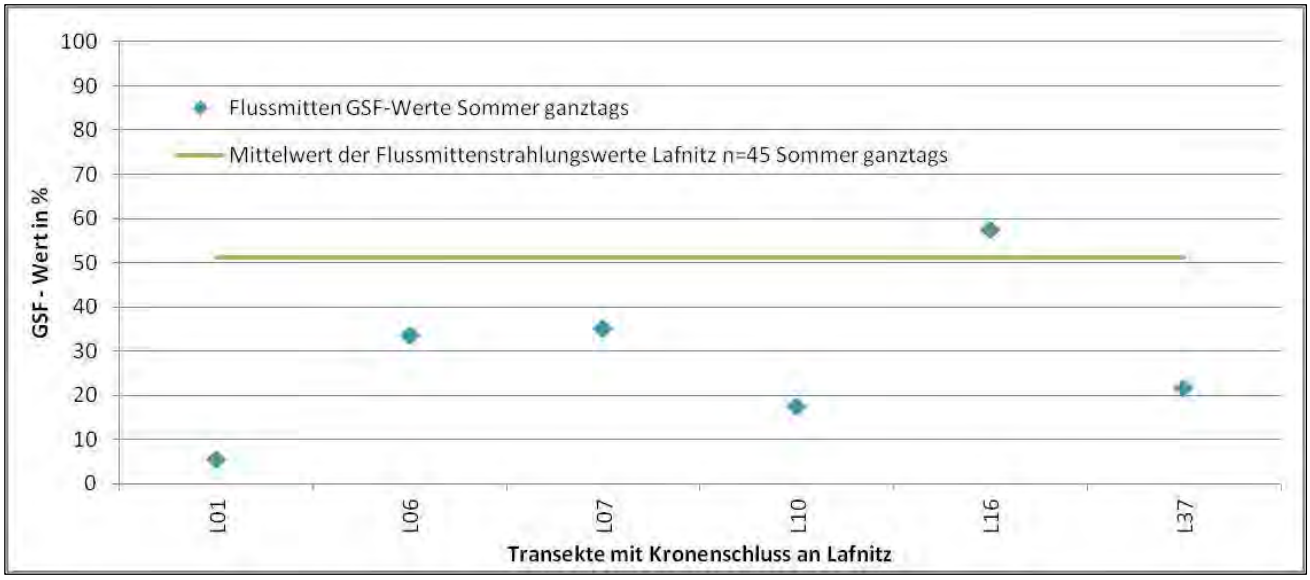


Abbildung 85: GSF Werte der Lafnitz Transekte mit Kronenschluss im Vergleich zum durchschnittlichen Strahlungswert der Flussmitte; EXCEL, 2013

Anhand der Abbildung 86 wird erkennbar, dass an 39 von 45 Transekten der Lafnitz kein Kronenschluss gegeben ist. Die Werte weisen jedoch sehr starke Unterschiede auf.

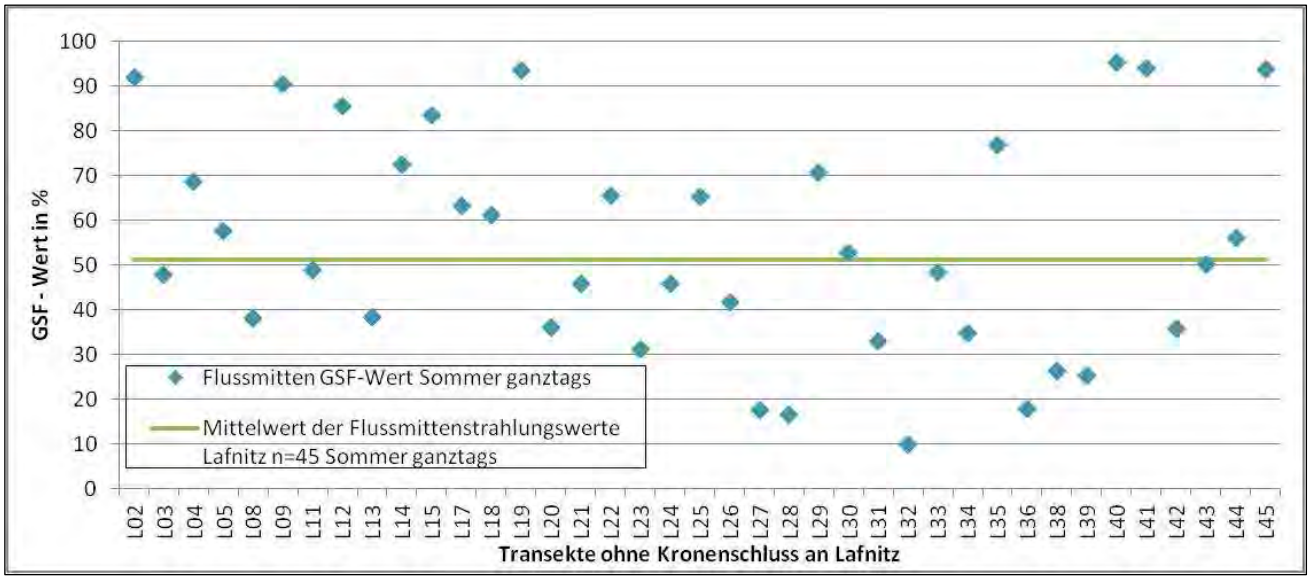


Abbildung 86: GSF Werte der Lafnitz Transekte ohne Kronenschluss im Vergleich zum durchschnittlichen Strahlungswert der Flussmitte; EXCEL, 2013

Anzumerken ist, dass bei Transekten, an denen kein Kronenschluss gegeben ist, teilweise eine starke Beschattungssituation vorherrscht. Dies verdeutlicht beispielsweise der Transekt L32, welcher die niedrigsten Strahlungswerte an der Lafnitz aufweist. Festgestellt kann hier jedoch werden, dass an diesen Stellen zumindest ein Ufer mit hoher und relativ dichter Vegetation bestockt ist.

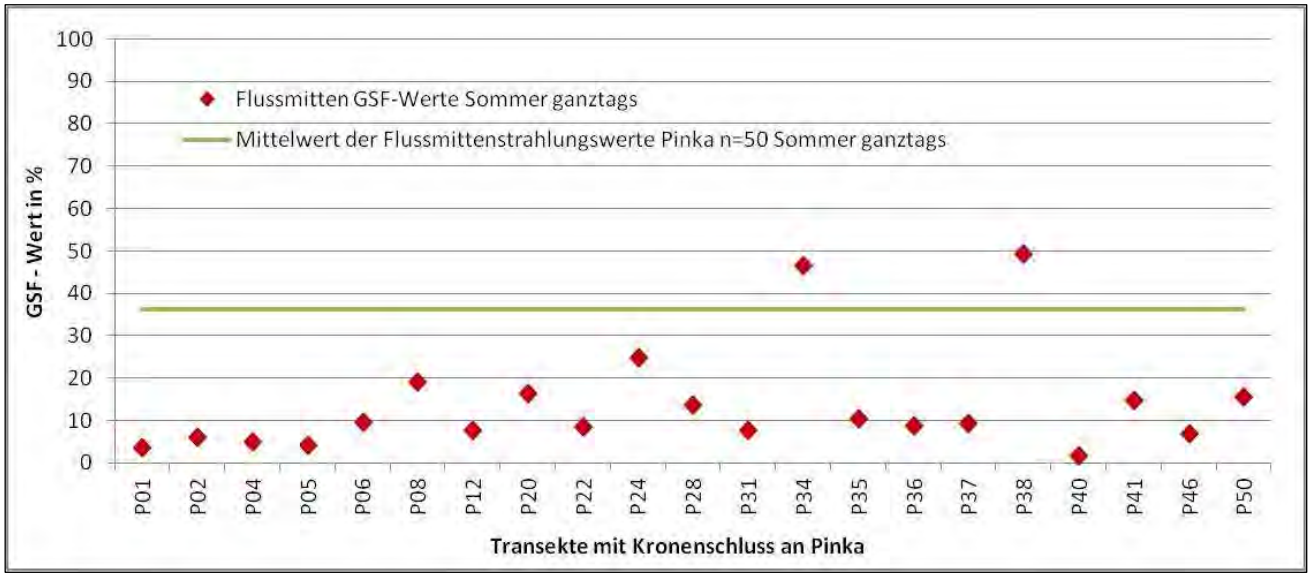


Abbildung 87: GSF Werte der Pinka Transekte mit Kronenschluss im Vergleich zum durchschnittlichen Strahlungswert der Flussmitte; EXCEL, 2013

Im Flussverlauf der Pinka wurde an 21 Aufnahmestellen ein Kronenschluss festgestellt. Gut erkennbar ist, dass bei der überwiegenden Anzahl der Messpunkte die Strahlungsintensitäten unterhalb des GSF Mittelwertes für den gesamten Fluss liegen. An zwei Stellen werden diese Werte jedoch deutlich überstiegen. Dies resultiert mitunter dadurch, dass an diesen Transekten der Kronenschluss lediglich schmal in der längenmäßigen Ausprägung ist, beziehungsweise dieser sich aus abgestorbenen Baumkronen zusammensetzt. Die restlichen Transekte sind gut beschattet und befinden sich unterhalb des Durchschnittswertes.

Ähnlich der Transekte an der Lafnitz ohne Kronenschluss schwanken auch die GSF Werte der Pinka ohne Kronenschluss recht stark (siehe Abbildung 88, S. 121). Hohe Strahlungswerte treten überwiegend dort auf, wo wenig Vegetation vorhanden ist. Bei Pinka 09 bestehen hohe Betonmauern, welche den Fluss in diesen Abschnitt umrahmen, jedoch den Strahlungswert nicht verringern.

Bei den Transekten, welche über eine starke Beschattung verfügen, muss berücksichtigt werden, dass diese nur knapp die Kategorie "Kronenschluss" verfehlt haben. Dies entsteht, wenn kleine Lücken im Kronendach verbleiben wie bei P33 und P48 beobachtet wurde. An diesen Transekten bewirkt nicht ein gegebener Kronenschluss die günstige Beschattung, sondern ein einseitig stark ausgeprägter Überhang beziehungsweise hohe Böschungen oder topographische Gegebenheiten des Umlandes.

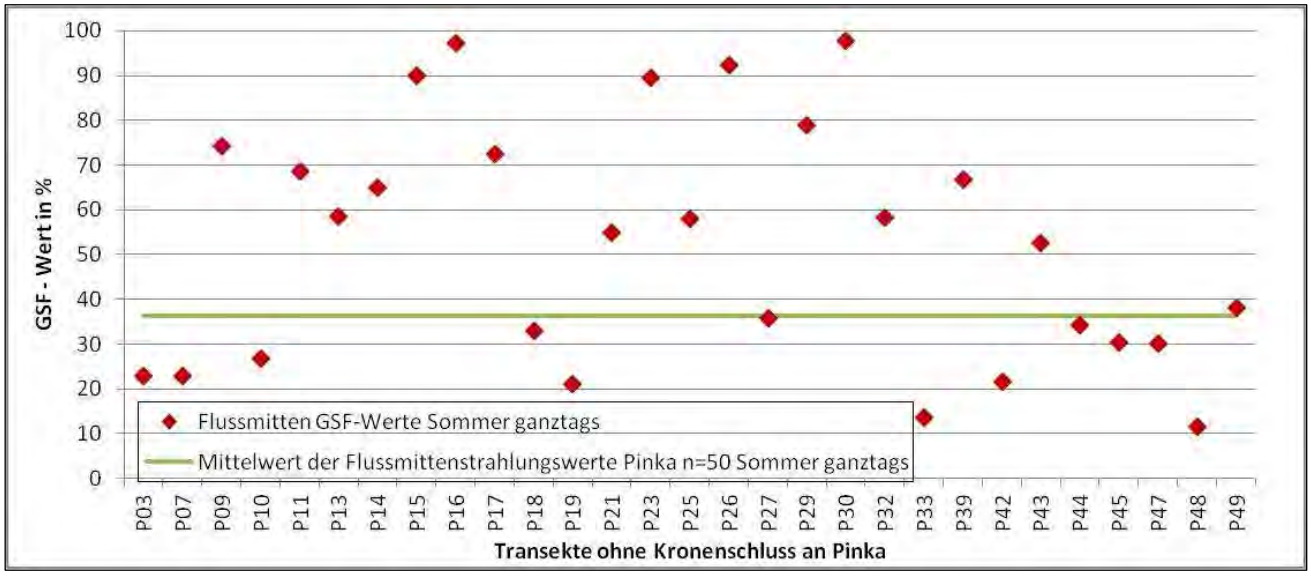


Abbildung 88: GSF Werte der Pinka Transekte ohne Kronenschluss im Vergleich zum durchschnittlichen Strahlungswert der Flussmitte; EXCEL, 2013

5.4 Darstellung einzelner Transekte

Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der strahlungsvermindernden Wirkung der Vegetation liegt, werden die Transekte mit der stärksten sowie jene mit der geringsten Beschattung unter Ausschluss topographischer und anthropogener Störfaktoren wie künstliche Bauwerke und dergleichen dargestellt. Als Auswahlkriterium gilt der im Sommer erhobene Ganztagesstrahlungswert der Flussmitten (GSF Mitte/Sommer/Tag).

5.4.1 Am stärksten beschattete Transekte

Lafnitz 32:
Fakten/Kurzbeschreibung

	OL	M	OR
GSF-Wert Sommer/GT	0,0287	0,0995	0,3051
GSF-Wert Sommer/Mittag	0,0182	0,1861	0,5422
GSF-Wert Winter/GT	kein	kein	kein
GSF-Wert Winter/Mittag	kein	kein	kein
Visible Sky	0,0320	0,0607	0,1996
Fließrichtung		Süd	
Uferexposition	West		Ost
Seehöhe		280 Meter	
Flussbreite		10,3 Meter	
Benetzte Wasserfläche		6 Meter	
Böschungshöhe	3,1 Meter		1,8 Meter
Böschungsbreite	4,1 Meter		0,2 Meter
Böschungswinkel	37 Grad		84 Grad
Geländeumland	eben		eben
Summe Veg. Breite	15 Meter		6 Meter
Direkter Ufersaum	15 Meter		0 Meter
Ufersaum Beginn ab BOK	0 Meter		4,3 Meter
Ufersaumkategorie	schmal		schmal
Vegetationsüberhang	5 Meter		0 Meter
Lichtraum		1 Meter	

Abbildung 89: Umgebungsfoto Lafnitz 32 (Gde. Burgauberg-Neudauberg) mit Blickrichtung flussab (links) sowie hemisphärische Aufnahme gedreht (rechts); beide 06.08.2013

Tabelle 24: Vegetationsmatrix Transekt Lafnitz 32 über die Gesamtransektbreite zur Berechnung der Vegetationszahl; EXCEL, 2013

Transekt Lafnitz 32									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*
1	0	100	0	33,33	*12*	0	0	0	0,00
2	0	40	40	26,67	*13*	5	0	0	1,67
3	80	0	0	26,67	*14*	100	0	30	43,33
4	100	0	0	33,33	*15*	15	0	0	5,00
5	10	0	0	3,33	*16*	0	0	0	0,00
6	0	0	0	0,00	*17*	0	0	0	0,00
7	0	0	0	0,00	*18*	0	0	0	0,00
8	0	0	5	1,67	*19*	0	0	0	0,00
9	0	0	5	1,67	*20*	0	0	0	0,00
10	0	0	5	1,67	*21*	0	0	0	0,00
11	0	0	5	1,67	*22*	0	0	0	0,00
	17,27	12,73	5,45	**11,82**		10,91	0,00	2,73	**4,55**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
8,18									

Häufigste Arten am Transekt:

Linkes Ufer	Rechtes Ufer
Salix fragilis / Bruchweide	*Salix fragilis* / Bruchweide
Salix alba / Silberweide	*Salix alba* / Silberweide
Salix triandra / Mandelweide	*Cornus sanguinea* / Roter Hartriegel
Corylus avellana / Strauchhasel	*Rubus caesius* / Brombeere
Rubus caesius / Brombeere	*Herba* / diverse Gräser und Kräuter

Verbale Beschreibung:

Die Lage des Transektes Lafnitz 32 ist in der Nähe von Burgauberg-Neudauberg. Er verfügt über einen anthropogen beeinflussten Gewässerlauf und wurde durch ingenieurbiologische Bauwerke stabilisiert. Es herrscht eine Dammsituation vor, welche sich speziell auf der orographisch rechten Seite zeigt. Der Gewässerlauf ist schmal und stark eingetieft, was durch den gegebenen Vegetationsüberhang auf der linken Uferseite die Beschattung stark begünstigt. Dieser besteht aus einem dichten und mehrschichtigen Astwerk und setzt sich im Flussverlauf fort (Abbildung 89, S. 123).

Zudem besteht zumindest einseitig eine steile Uferböschung. Der versetzte Beginn der Ufervegetation auf der rechten Seite scheint geringen Einfluss auf das Strahlungsergebnis zu haben. Eindeutig erkennbar ist auch die beidseitig vorherrschende dichte Ufervegetation bestehend aus einem schmalen Streifen aus Bruch- und Silberweiden. Die Dichte der Vegetation anhand der Vegetationszahl fällt bezogen auf die Gesamttransektbreite gering aus (Tabelle 28, S. 131). Es scheint jedoch die Zusammensetzung und Position günstig zu sein, um den Transekt in dieser Art gut zu beschatten. In der Flussmitte treffen nur knapp 10 % der Strahlungsmenge die Wasserfläche.

Pinka 46:
Fakten/Kurzbeschreibung

	OL	M	OR
GSF-Wert Sommer/GT	0,0856	0,0696	0,0843
GSF-Wert Sommer/Mittag	0,0854	0,0814	0,0997
GSF-Wert Winter/GT	kein	kein	kein
GSF-Wert Winter/Mittag	kein	kein	Kein
Visible Sky	0,0694	0,0625	0,0612
Fließrichtung		Süd	
Uferexposition	West		Ost
Seehöhe		212 Meter	
Flussbreite		16,6 Meter	
Benetzte Wasserfläche		11 Meter	
Böschungshöhe	2,4 Meter		2,4 Meter
Böschungsbreite	1,8 Meter		1,8 Meter
Böschungswinkel	53 Grad		53 Grad
Geländeumland	eben		eben
Summe Veg. Breite	4 Meter		9,7 Meter
Direkter Ufersaum	4 Meter		9,7 Meter
Ufersaum Beginn ab BOK	0 Meter		0 Meter
Ufersaumkategorie	schmal		schmal
Vegetationsüberhang	6 Meter		6 Meter
Lichtraum		0 Meter	

Abbildung 90: Umgebungsfoto Pinka 46 (Gde. Prostrum) mit Blickrichtung flussab (links) sowie hemisphärische Aufnahme (rechts);links 28.07.2013 und rechts 31.07.2013

Tabelle 25: Vegetationsmatrix Transekt Pinka 46 über die Gesamtransektbreite zur Berechnung der Vegetationszahl; EXCEL, 2013

Transekt Pinka 46									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*
1	100	10	15	41,67	*12*	100	30	5	45,00
2	100	0	10	36,67	*13*	100	40	0	46,67
3	50	0	0	16,67	*14*	20	60	5	28,33
4	0	0	0	0,00	*15*	0	0	0	0,00
5	0	0	0	0,00	*16*	0	0	0	0,00
6	0	0	0	0,00	*17*	0	0	0	0,00
7	0	0	0	0,00	*18*	0	0	0	0,00
8	0	0	0	0,00	*19*	0	25	0	8,33
9	0	0	0	0,00	*20*	0	0	0	0,00
10	0	0	0	0,00	*21*	0	0	0	0,00
11	0	0	0	0,00	*22*	0	0	0	0,00
	22,73	0,91	2,27	**8,64**		20,00	14,09	0,91	**11,67**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
10,15									

Häufigste Arten am Transekt:

Linkes Ufer

Salix alba / Silberweide

Sambucus nigra / Holunder

Salix fragilis / Bruchweide

Impatiens glandulifera / Drüsenspringkraut

Alnus glutinosa / Schwarzerle

Rechtes Ufer

Alnus glutinosa / Schwarzerle

Salix alba / Silberweide

Sambucus nigra / Holunder

Impatiens glandulifera / Drüsenspringkraut

Solidago gigantea / Riesen Goldrute

Verbale Beschreibung:

Der Transekt Pinka 46 befindet sich in einem Staubereich eines Kraftwerkes bei Szentpeterfa in Ungarn, wodurch große Wasserstandsschwankungen auftreten können. Die Vegetation befindet sich in unmittelbarer Gewässernähe direkt an der Böschung. Sie setzt sich aus einem beidseitig schmalen Ufersaumstreifen mit großer Höhe zusammen und bewirkt einen dichten Kronenschluss. Die Bäume sind dabei bis zum Boden dicht beastet und beschatten so optimal den Wasserkörper auch von der Seite.

Obwohl die benetzte Wasserfläche für die Pinka mit 11 m recht groß ist, kann der gegebene Überhang der Bäume eine sehr gute Beschattung gewährleisten. So wird bei der hemisphärischen Aufnahme erkennbar, dass kaum freie Flächen im Kronendach bestehen, durch die das Sonnenlicht bis an die Wasseroberfläche durchdringen kann (Abbildung 90, S. 125). Auch bei diesem Transekt erzeugt lediglich ein beidseitiger schmaler Ufersaum die starke Beschattung (Tabelle 29, S. 134).

5.4.2 Am schlechtesten beschattete Transekte

Lafnitz 40:

Fakten/Kurzbeschreibung

	OL	M	OR
GSF-Wert Sommer/GT	0,9190	0,9553	0,9291
GSF-Wert Sommer/Mittag	0,9842	0,9877	0,9895
GSF-Wert Winter/GT	kein	kein	kein
GSF-Wert Winter/Mittag	kein	kein	Kein
Visible Sky	0,6781	0,7009	0,7354
Fließrichtung		Ost Süd Ost	
Uferexposition	Süd Süd West		Nord Nord Ost
Seehöhe		246 Meter	
Flussbreite		22,5 Meter	
Benetzte Wasserfläche		11,3 Meter	
Böschungshöhe	2,8 Meter		1,4 Meter
Böschungsbreite	1,8 Meter		10 Meter
Böschungswinkel	57 Grad		8 Grad
Geländeumland	eben		eben
Summe Veg. Breite	0 Meter		0 Meter
Direkter Ufersaum	0 Meter		0 Meter
Ufersaum Beginn ab BOK	---		---
Ufersaumkategorie	kein		Kein
Vegetationsüberhang	0 Meter		0 Meter
Lichtraum		11,3 Meter	

Abbildung 91: Umgebungsfoto Lafnitz 40 (Gde. Rudersdorf) mit Blickrichtung flussauf (links) sowie hemisphärische Aufnahme gedreht (rechts); beide 07.08.2013

Tabelle 26: Vegetationsmatrix Transekt Lafnitz 40 über die Gesamtransektbreite zur Berechnung der Vegetationszahl; EXCEL, 2013

Transekt Lafnitz 40									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*
1	0	0	0	0,00	*12*	0	0	5	1,67
2	0	0	0	0,00	*13*	0	0	5	1,67
3	0	0	0	0,00	*14*	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0,00	*15*	0	0	0	0,00
5	0	0	0	0,00	*16*	0	0	0	0,00
6	0	0	0	0,00	*17*	0	0	0	0,00
7	0	0	0	0,00	*18*	0	0	0	0,00
8	0	0	0	0,00	*19*	0	0	0	0,00
9	0	0	0	0,00	*20*	0	0	0	0,00
10	0	0	0	0,00	*21*	0	0	0	0,00
11	0	0	0	0,00	*22*	0	0	0	0,00
	0,00	0,00	0,00	**0,00**		0,00	0,00	0,91	**0,30**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
0,15									

Häufigste Arten am Transekt:

<u>Linkes Ufer</u>

Zea mays / Mais

Solidago gigantea / Riesen-Goldrute

Herba / diverse Gräser und Kräuter

Impatiens glandulifera / Drüsenspringkraut

<u>Rechtes Ufer</u>

Herba / diverse Gräser und Kräuter

Impatiens glandulifera / Drüsenspringkraut

Corylus avellana / Strauchhasel

Salix alba / Silberweide

Verbale Beschreibung:

Der dargestellte Transekt Lafnitz 40 befindet sich nahe der Gemeinde Rudersdorf. Es liegt ein gebogener Flussabschnitt mit vorherrschender Abbruchkante am orographisch linken Ufer vor. Dieses stellt zugleich den Prallhang dar und zeigt starke Erosionsspuren (Abbildung 91, S. 127).

Auf der gegenüberliegenden Uferseite wird mit Abstand die flachste Uferböschung der Lafnitz beobachtet (Abbildung 41, S. 67). Am Transekt besteht kaum eine Vegetation. Es wächst lediglich krautige Vegetation, durchsetzt mit vereinzelten Sträuchern, welche über die Gesamttransekt-breite beider Uferseiten beobachtet werden (Tabelle 26, S. 127). Aufgrund des Fehlens der Vegetation und des Überhanges treffen über die Mittagsstunden somit fast 100 % der Strahlung auf die Wasseroberfläche. Im Tagesverlauf werden auch nur knapp 6 % der Strahlung über den Gewässerquerschnitt absorbiert.

Pinka 30:
Fakten/Kurzbeschreibung

	OL	M	OR
GSF-Wert Sommer/GT	0,9507	0,9778	0,9828
GSF-Wert Sommer/Mittag	0,9874	0,9898	0,9875
GSF-Wert Winter/GT	kein	kein	kein
GSF-Wert Winter/Mittag	kein	kein	kein
Visible Sky	0,7159	0,7303	0,7213
Fließrichtung		Ost-Süd-Ost	
Uferexposition	Süd-Süd-West		Nord-Nord-Ost
Seehöhe		288 Meter	
Flussbreite		6,3 Meter	
Benetzte Wasserfläche		5,7 Meter	
Böschungshöhe	0,85 Meter		0,9 Meter
Böschungsbreite	0,35 Meter		0,25 Meter
Böschungswinkel	68 Grad		74 Grad
Geländeumland	leicht ansteigend		leicht ansteigend
Summe Veg. Breite	0 Meter		0 Meter
Direkter Ufersaum	0 Meter		0 Meter
Ufersaum Beginn ab BOK	---		---
Ufersaumkategorie	kein		kein
Vegetationsüberhang	0 Meter		0 Meter
Lichtraum		5,7 Meter	

Abbildung 92: Umgebungsfoto Pinka 30 (Gde. Rotenturm) mit Blickrichtung flussab (links) sowie hemisphärische Aufnahme (rechts); links 28.07.2013 und rechts 29.07.2013

Tabelle 27: Vegetationsmatrix Transekt Pinka 30 über die Gesamtransektbreite zur Berechnung der Vegetationszahl; EXCEL, 2013

Transekt Pinka 30									
Linkes Ufer					rechtes Ufer				
Plot	*Bed. Grad% **B1***	*Bed. Grad% **B2***	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*	*Plot*	*Bed. Grad% B1*	*Bed. Grad% B2*	*Bed. Grad% STR*	*Durchschnitt Bed. Grad%*
1	0	0	0	0,00	*12*	0	0	0	0,00
2	0	0	0	0,00	*13*	0	0	0	0,00
3	0	0	0	0,00	*14*	0	0	0	0,00
4	0	0	0	0,00	*15*	0	0	0	0,00
5	0	0	0	0,00	*16*	0	0	0	0,00
6	0	0	0	0,00	*17*	0	0	0	0,00
7	0	0	0	0,00	*18*	0	0	0	0,00
8	0	0	0	0,00	*19*	0	0	0	0,00
9	0	0	0	0,00	*20*	0	0	0	0,00
10	0	0	0	0,00	*21*	0	0	0	0,00
11	0	0	0	0,00	*22*	0	0	0	0,00
	0,00	0,00	0,00	**0,00**		0,00	0,00	0,00	**0,00**
Durchschnittliche Bedeckung in Prozent über beide Ufer									
0,00									

Häufigste Arten am Transekt:

<u>Linkes Ufer</u>

Herba / diverse Gräser und Kräuter

Impatiens glandulifera / Drüsenspringkraut

Rubus idaeus / Himbeere

Urtica dioica / Brennnessel

<u>Rechtes Ufer</u>

Herba / diverse Gräser und Kräuter

Fallopia japonica / Jap. Staudenknöterich

Urtica dioica / Brennnessel

Convolvulus arvensis / Ackerwinde

Verbale Beschreibung:

Der Transekt Pinka 30, welcher sich in der Gemeinde Rotenturm an der Pinka befindet, verfügt überwiegend über eine krautige Vegetation. Strahlungsrelevante höhere Vegetation über die Transektbreite kann nicht beobachtet werden (Abbildung 92, S. 129). Die Vegetationszahl beschreibt die vorherrschende Situation am Transekt. Obwohl auf der hemisphärischen Aufnahme Bäume und Sträucher zu erkennen sind, befinden sich diese jedoch nicht auf der Transektgrundfläche. Resultierend ergibt sich eine entsprechende Vegetationszahl von 0 (Tabelle 27, S. 129). Die größte strahlungsmindernde Wirkung wird an dieser Stelle durch die Böschungen bewirkt. In Zahlen ausgedrückt kann diese maximal knapp über 2 % der einfallenden Strahlungsmenge abschirmen bei einem GSF Wert der Flussmitte von 97,7 %.

Um die beschattende Leistung der Vegetation nochmals zu erläutern, sei hier der Vergleich mit dem angrenzenden Transekt Pinka 29 angeführt, welcher sich 60 m flussauf von Transekt Pinka 30 befindet. Optisch erkennbar ergibt sich durch das Bestehen zweier mittelhoher Bäume ein deutlich erkennbarer Schattenwurf (siehe Abbildung 93).

Abbildung 93: Umgebungsfoto Pinka 29 (Gde. Rotenturm) mit Blickrichtung flussab (links) sowie hemisphärische Aufnahme (rechts);, links 28.07.2013 und rechts 29.07.2013

Vergleicht man beide Flussmittenstrahlungswerte von Transekt Pinka 30 und Pinka 29, so lässt sich ein Unterschied der Beschattung von rund 19 % erkennen, da ein Flussmitten GSF Wert von 79 % an dieser Stelle gemessen wird.

5.5 Interpretation der GSF Ergebnisse

Interpretiert man die Ergebnisse, so ist zu berücksichtigen, dass der Strahlungswert durch jede Einflussgröße direkt und indirekt beeinflusst wird. Egal welcher Einflussfaktor alleine betrachtet wird, kann immer eine gewisse Wirkung anderer Faktoren beobachtet werden, zudem variieren sie je nach untersuchter Gewässerstelle. So wird beispielsweise der Strahlungswert an einigen Transekten speziell durch die vorhandene Vegetation beeinflusst, wohingegen an anderen Stellen vermehrt die Flussbreite einen Einfluss auf die Strahlungswerte ausübt.

Dies verdeutlicht sich in den zahlreichen Grafiken, in denen versucht wurde, die Wirkung einer Einflussgröße auf den entsprechenden Strahlungswert darzustellen. Das Bestehen zahlreicher Ausreißer verdeutlicht die Wirkung der restlichen Einflussgrößen, welche dadurch die Ergebnisse schwer interpretierbar machen. Es werden daher in Tabelle 28 bedeutende Einflussgrößen, welche die Strahlungssituation am Gewässer beeinflussen anhand der Flusstypen (siehe Abbildung 39; S. 66) verglichen, um Ansatzpunkte der Ergebnisbeschreibung zu erhalten. So können durch Mittelwertbildung der jeweiligen Parameter die Störgrößen, welche an den einzelnen Transekten auftreten, vermindert werden.

Tabelle 28: Vergleich der beiden Flüsse anhand gemittelter Ausprägung der Parameter aufgeteilt nach Flusstypen und Gesamtwert am Fluss; EXCEL, 2013

	Flusstyp			
	mäandrierend	gebogen	gerade	Fluss gesamt
Lafnitz n =	11	15	19	45
Pinka n =	4	12	34	50
Gesamt beide Flüsse	*15*	*27*	*53*	*95*
	ø Flussmitten Sommer GSF - Wert ganztags in %			
Lafnitz	**47,06**	51,25	53,51	51,18
Pinka	**19,60**	23,59	42,58	36,18
Gesamt beide Flüsse	*39,74*	***38,95***	*46,50*	*43,29*
	ø Lichtraum in m			
Lafnitz	8,57	**5,19**	7,23	6,88
Pinka	1,55	**0,96**	2,90	2,50
Gesamt beide Flüsse	*6,70*	***3,53***	*4,42*	*4,57*
	ø Vegetationszahl über Gesamttransektbreite			
Lafnitz	**20**	12	16	16
Pinka	**22**	17	11	13
Gesamt beide Flüsse	***21***	*14*	*13*	*14*
	ø benetzte Wasserfläche in m			
Lafnitz	14,12	**10,68**	13,10	12,54
Pinka	7,58	**5,58**	7,21	6,85
Gesamt beide Flüsse	*12,37*	***8,41***	*9,32*	*9,54*
	ø Böschungshöhe in m über beide Ufer			
Lafnitz	1,37	**1,91**	1,83	1,74
Pinka	1,51	**2,08**	1,90	1,91
Gesamt beide Flüsse	*1,41*	***1,96***	*1,87*	*1,83*

Da sich die Flüsse unterscheiden, können sie nicht direkt miteinander verglichen werden. Beispielsweise variieren die Flussbreiten sowie die Ausprägungen des Gewässerlaufes als auch die Fließrichtung. Ein Vergleich über die Werte der einzelnen Parameter an einem Fluss kann jedoch angestellt werden.

In der Tabelle 28 (S. 123) wurden die Werte in den einzelnen Kategorien fett hervorgehoben, die eine gewünschte Beschattung des Gewässers begünstigen können. So wirken schmale Gewässerläufe, ein geringer Lichtraum, hohe Böschungen sowie das Vorhandensein von Ufervegetation auf die Beschattung positiv.

Die Tabelle verdeutlicht, dass beide Flüsse in Mäanderbereichen die niedrigsten Einstrahlungswerte an der Wasseroberfläche aufweisen. Bei der Pinka treten zudem stark verringerte Werte im Vergleich zu anderen Flusstypen auf.

Betrachtet man die Lichträume in Mäanderbereichen, so sind diese an der Lafnitz am größten. Hier lässt sich ein Zusammenhang mit der größeren benetzten Wasserfläche erkennen, die eine Überschirmung erschwert. Bei der Pinka kann dieser große Lichtraum nicht beobachtet werden, jedoch verfügt der Fluss speziell in diesen Bereichen über viel Ufervegetation.

Die vorhandene Ufervegetation bei ausreichender Dichte und Höhe ist somit in der Lage, ungünstige Ausprägungen der Gewässerrinne hinsichtlich der Einstrahlung zu puffern. So ist erkennbar, dass geringere Flussbreiten in Verbindung mit vorhandener Vegetation durchgehend niedrigere GSF Werte hervorrufen. Die Abbildung 73 (S. 106) würde einen besseren Zusammenhang veranschaulichen, würde sie von den Transekten mit GSF Werten größer als 60 % bereinigt werden. Diese stellen Bereiche dar, an denen entweder kaum bis keine Vegetation vorhanden ist, sowie Flussabschnitte in Siedlungsgebieten. Als Beispiel können die Transekte Pinka 9, 11, 13-17, 23, 25-26 und Pinka 30 angeführt werden.

Speziell an Transekten, die über einen breiten Gewässerlauf verfügen, ergeben sich große Strahlungsunterschiede der Ufer im Vergleich zur Flussmitte. Im Mittel ergeben sich für die geeigneten Stellen (schwarz geschrieben) an der Lafnitz in (Tabelle 11, S. 82), Flussbreiten von 11,8 m bis zu 13,25 m (rot geschrieben) sowie von 5,77 m bis zu 7,77 m an der Pinka (Tabelle 13, S. 83). Dies verdeutlicht eine generelle Minderung aller beschattungswirksamen Faktoren bei einem größer werdenden Flussquerschnitt, so auch den von Vegetation erzeugtem Schattenwurf. Um demnach ähnliche Ergebnisse wie an der Pinka auch für die Lafnitz zu erhalten, müsste die Vegetation entweder wesentlich höher, dichter beziehungsweise mit einem breiterem Kronendach für die Überschirmung ausgeformt sein (Tabelle 28, S. 131).

Weiters kann beobachtet werden, dass die höchsten Böschungen sich dort ergeben, wo gebogene Flussläufe vorgefunden wurden. Mitunter lässt sich dies durch das Vorhandensein von Prallhängen erklären.

Regression GSF mit Visible Sky

Die Einflussgrößen, wie vorhandene Vegetation, Lichtraum, Böschungsbeschaffenheit, benetzte Wasserfläche beeinflussen das Sichtfeld jeder Aufnahme. Diese zusammen betrachtet lassen sich durch den V*isible Sky* Wert ausdrücken (siehe Kapitel 4.5.2 - S. 61). Der Wert an sich berücksichtigt jedoch keine Strahlungswerte.

Weiters kann erklärt werden, dass die absolute Menge an Strahlung in direktem Zusammenhang mit dem sichtbaren freien Himmel (V*isible Sky)* steht. Statistisch ergibt sich in diesem Zusammenhang eine signifikant starke positive Korrelation von ,928** zwischen dem Flussmitten GSF-Wert und Visible Sky - Wert.

Da durch eine im Vorfeld getätigte Korrelation teilweise Zusammenhänge beobachtet werden, besteht eine Autokorrelation zwischen den unabhängigen Variablen (Einflussgrößen). So kann die Wirkung der einzelnen Einflussfaktoren nicht durch eine Gegenüberstellung mit dem GSF-Wert eruiert und deshalb nicht in die Regression eingebunden werden. Demnach werden die Visible Sky Werte und die Strahlungswerte der Flussmitten beider Flüsse in Form einer Regression untersucht.

Anhand des Streudiagrammes in Abbildung 94 wird ein linearer Zusammenhang erkennbar, aufgrund dessen wird eine lineare Regressionsanalyse, dargestellt in Tabelle 29 (S. 134), durchgeführt.

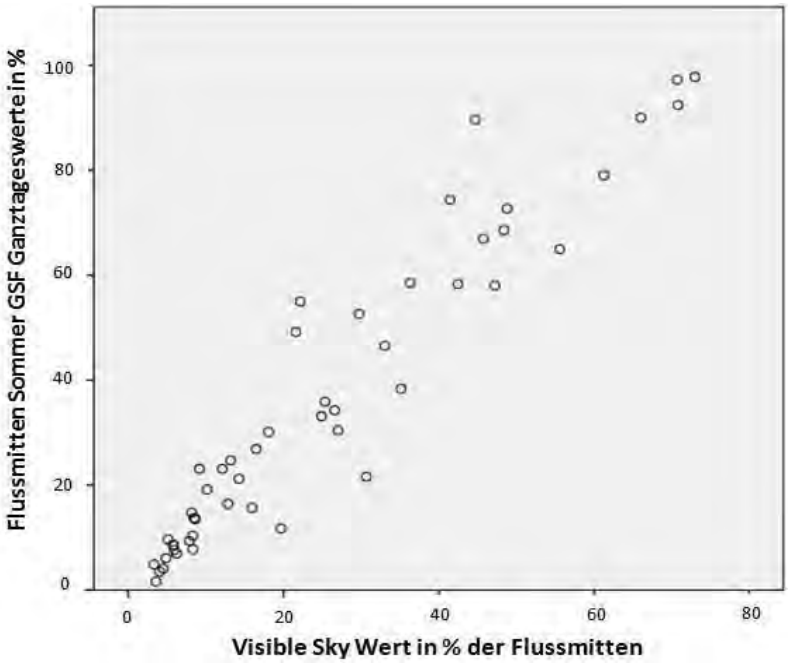


Abbildung 94: Streudiagramm Visible Sky Werte und Flussmitten - Sommerstrahlungswerte beider Flüsse in (%); SPSS, 2013

Tabelle 29: Regression zwischen den im Sommer erhobenen Visible Sky Werten und den GSF Werten der Flussmitten der Flüsse Lafnitz und Pinka; SPSS, 2013

Aufgenommene/Entfernte Variablen[a]

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	Vis_Sky[b]		Einschluß

a. Abhängige Variable: GSF_M_S_GT
b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Modellzusammenfassung[b]

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers	Änderungsstatistiken					Durbin-Watson-Statistik
					Änderung in R-Quadrat	Änderung in F	df1	df2	Sig. Änderung in F	
1	,955[a]	,912	**,910**	,08755	,912	497,198	1	48	,000	1,976

a. Einflußvariablen : (Konstante), Vis_Sky
b. Abhängige Variable: GSF_M_S_GT

ANOVA[a]

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	3,811	1	3,811	497,198	**,000[b]**
	Nicht standardisierte Residuen	,368	48	,008		
	Gesamt	4,179	49			

a. Abhängige Variable: GSF_M_S_GT
b. Einflußvariablen : (Konstante), Vis_Sky

Koeffizienten[a]

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	,018	,020		,911	,367
	Vis_Sky	**1,353**	,061	,955	22,298	,000

a. Abhängige Variable: GSF_M_S_GT

Interpretiert man die Ergebnisse der Regression, so kann gesagt werden, dass der Visible Sky Wert rund 91 % der Varianz des GSF Wertes erklärt. Steigt der Visible Sky Wert um 1 %, so bewirkt dies einen um 1,353 % höheren GSF Wert und damit verbunden eine höhere Einstrahlungsmenge an der Aufnahmestelle.

Aufgrund dieser gewonnen Erkenntnisse kann gesagt werden, dass sämtliche Einflussgrößen, die den Visible Sky Wert verringern, eine strahlungsverminderte Situation am Gewässer begünstigen.

Zu berücksichtigen sind jedoch topographische Zusammenhänge. Es können beispielsweise starke Geländeerhebungen in unmittelbarer Nähe des Gewässers fälschlicherweise als vegetations-bedeckte Bereiche angesehen werden. Dieses Problem wurde auch in Kapitel 5.3.2 (S. 102) im Zusammenhang mit dem GSF-Wert beschrieben.

6 Kritische Reflexion zur Methodik

Um die Fragestellung zu beantworten, ob hemisphärische Aufnahmen geeignet sind, um die Strahlungssituation ausreichend zu erheben, kann gesagt werden, dass dies für einen Transekt zutrifft. Die Methodik, die zur Anwendung kam, ist zielführend. Die Anzahl an Stichproben sollte jedoch ausgeweitet werden, da sich die Situation in unmittelbarer örtlicher Nähe stark verändern kann. So bestehen beispielsweise günstige Werte an einer Messstelle, welche einige Meter dem Flusslauf folgend, eine komplett unterschiedliche Situation beschreiben. Demnach stellen die Ergebnisse Richtwerte dar, die es jedoch ermöglichen, Rückschlüsse betreffend der vorhanden Strukturen zu ziehen. Je nach Größe des Untersuchungsgebietes kann die Erhebung, die mindestens zu zweit durchgeführt werden sollte, je nach gewünschter Genauigkeit des Ergebnisses somit sehr arbeits- und zeitintensiv sein.

Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass mittels handelsüblicher Kamera und dem Programm HemiView die Strahlungssituation am Transekt berechnet werden kann, welche alle strahlungsrelevanten Faktoren berücksichtigt. Dies wiederum stellt den Nachteil dar, dass die Einflussfaktoren in ihrer Einzelwirkung nur schwer herauszufinden sind.

Eine genauere Vorgehensweise zur Erhebung der Einflussfaktoren könnte nur darin bestehen, dass gewonnene Flussmittenaufnahmen frei von allen nicht gewünschten Elementen, beziehungsweise das Bild von diesen bereinigt wird. Dies wären beispielsweise die vorhandene Böschung, topographische Beeinflussung, Gebäude oder Vegetation. So könnten Bereiche mit viel Vegetation so bearbeitet werden, dass sie vom Programm HemiView als freier Himmel erkannt werden. Würde man beispielsweise nur die Wirkung der Böschungen ermitteln wollen, so müssten diese in der Form verbleiben, in der sie aufgenommen wurden, wo hingegen die restlichen Einflussgrößen eliminiert werden.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass HemiView für die Dichtemessung des Kronendaches in Waldbeständen entworfen wurde und nicht für Strahlungsmessungen in Fließgewässern. Eine Adaption des Systems könnte die Aufnahmen erleichtern. Dies spiegelt sich im Sichtfeld des Fischaugenobjektives wider, welches sich entsprechend der Situation vor Ort stark verändert. Je breiter die Gewässerrinne und je weniger Vegetation oder andere Objekte vorhanden sind, desto größer ist das Sichtfeld der hemisphärischen Aufnahme aufgrund des Weitwinkelobjektives. So müssten, angepasst an diese Sichtweite, die jeweiligen Einflussgrößen erhoben werden. Dies wurde aufgrund der starren Einteilung in standardisierte Transekte bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da bei breiten Flussquerschnitten auch nur drei Aufnahmen getätigt wurden. So ergeben sich größere Lücken zwischen den Aufnahmestellen als bei schmalen Flussquerschnitten (siehe Kapitel 4.2.2, S. 47).

Speziell von dieser Problematik betroffen ist die Vegetationszahl, da sich die Werte aufgrund eines beidseitigen 10 m breiten und mindestens 50 m langen Streifens errechnen, der an beiden Ufern erhoben wurden. Im Vergleich zu den gemachten hemisphärischen Aufnahmen stellen diese Bereiche lediglich einen kleinen Ausschnitt des angesprochenen Gesamtsichtfeldes dar, welches für die Berechnungen in HemiView herangezogen wurde.

Je Transekt ergibt sich demnach eine unterschiedliche Bedeutung der erhobenen Vegetationszahl, da der Vegetationsstreifen je nach Situation entlang des Gewässerlaufes mehr oder weniger Einfluss auf die Strahlung an der jeweiligen Stelle hat. Mehr Einfluss beziehungsweise repräsentativer ist der Aufnahmestreifen dann, wenn das Sichtfeld der hemisphärischen Aufnahmen gering ist. Dieses Sichtfeld lässt sich durch einige Faktoren begründen, die die Sichtweite positiv oder negativ beeinflussen. Zu nennen wären:

- Gewässerverlauf (Flusstyp)
- Flussbreite
- Ausformung der Böschungen
- Vorhandene Vegetation sowie deren Positionierung
- Topographische Gegebenheiten

Gerade Gewässerläufe begünstigen im Vergleich zu gebogenen und mäandrierenden Bereichen das Sichtfeld. Je breiter der Gewässerlauf und je weniger Vegetation vorhanden ist, desto weniger entspricht die Vegetationszahl der tatsächlichen Situation, da das Sichtfeld der hemisphärischen Aufnahme aufgrund des Weitwinkelobjektives größer ist.

Da in der Flussmitte die hemisphärischen Aufnahmen so nahe wie möglich an der Wasseroberfläche gemacht werden, bewirken hohe und steile Böschungen ein geringeres Sichtfeld. Besteht zudem viel Vegetation in ausreichender Höhe und Dichte in diesen Bereichen, so wird auf den hemisphärischen Aufnahmen überwiegend diese Vegetation erkennbar sein. Alles dahinter Befindende kann nicht mehr erkannt werden. Analog wird eine Begrenzung des Sichtfeldes durch topographische Gegebenheiten bewirkt, speziell wenn diese in unmittelbarer Nähe an das Fließgewässer auftreten.

Aufnahmen, die im jahreszeitlichen Verlauf gemacht werden, zeigen die Schwierigkeit auf, die gleiche Aufnahmeposition und Höhe der Kamera beizubehalten, da der Fluss ständigen Veränderungen unterworfen ist. Witterungsbedingungen wie Sonnenstand, Bedeckungsgrad des Himmels, Lichtverhältnisse, Beschaffenheit der Luft, Staub, Schneereste am Ufer, Wasserstandsänderungen sowie veränderte Gewässerläufe erschweren die Gewinnung geeigneter Aufnahmen zusätzlich.

Des Weiteren kann es durch starke Strömung an der Aufnahmestelle dazu kommen, dass das gesamte Kamerastativ in leichte Schwingung gerät und dadurch eine Unschärfe auf den Bildern verursacht wird. Bei einer unebenen Gewässersohle kann es durch das Stativ dazu kommen, dass die Aufhängung (Self Levelling Mount) nicht genau waagrecht ausrichtet werden kann. In diesem Fall kann es passieren, dass ein Ausgleichsring der Aufhängung über die Kameralinse ragt und somit eine Störquelle im Bild darstellt. Nur durch mehrmaliges Positionieren des Statives kann dies vermieden werden, stellt aber einen unnötigen Mehraufwand dar. Eine Verbesserung der Handhabung kann durch ein stabiles sowie am Kopf drehbares Stativ herbeigeführt werden.

Bei der Auswertung mittels HemiView können durch den Anwender mögliche Fehler gemacht werden, die das Ergebnis verfälschen können. Dies betrifft einerseits die Nachbearbeitung mittels Bildbearbeitungsprogrammen sowie die Einstellung des Treshold Wertes.

Die zu treffenden Einstellungen im Threshold unterliegen der subjektiven Interpretation des Anwenders und stellen somit eine große Fehlerquelle dar (vgl. PROMIS et al., 2011).

Um eine repräsentativere Auswertung der GSF Werte bezüglich der Fließrichtung sowie des Ufersaumes zu erhalten, hätten pro Kategorie ähnlich viele Transektstellen erhoben werden müssen, die zudem über den Flusslauf gleich verteilt sind. Da der Fokus der vorliegenden Masterarbeit jedoch auf der vorherrschenden Vegetation und deren Ausprägung und Vorkommen entlang der Flussläufe gelegt wurde, ergaben sich unterschiedlich große Stichproben. Betreffend der Annahme, dass an Ost-West ausgerichteten Flussabschnitten die vorhandene Vegetation am orographisch rechten Ufer eine stärkere Beschattung bewirkt, kann gesagt werden, dass in der vorliegender Masterarbeit aufgrund der überwiegend Nord-Süd verlaufenden Flussläufe kein eindeutiges Ergebnis diesbezüglich erzielt wurde.

Im Vorfeld hätte weiters unter standardisierten Bedingungen die Beschattungsleistung einzelner Vegetationstypen (Leitarten des Untersuchungsgebietes unterschiedlicher Höhe und Beschaffenheit) durch Hemisphärische Aufnahmen erhoben werden können. Hier gilt es geeignete Aufnahmestellen sowie eine entsprechende Methodik zu entwickeln. Somit hätte die Vegetation vor Ort strahlungstechnisch erhoben und mittels des gewonnenen Referenzwertes klassifiziert werden können. Da dies nicht durchgeführt wurde, kann die Beschattungswirkung lediglich im Bestand und nicht auf einzelne Exemplare zurückgeführt werden.

Würde sich der GSF Durchschnittswert dem Flussmittenstrahlungswert bei großer benetzter Wasserfläche angleichen, wenn statt 3 mehrere Aufnahmen getätigt werden, beziehungsweise wenn die Aufnahmeposition durch Drittelung der benetzten Wasserfläche ermittelt würde? Sollte hierfür der Mittelwert oder doch eine Addition der Werte herangezogen werden? Könnte durch ein Foto in der Gewässermitte und ein Foto oberhalb der Böschung der Einfluss dieser erhoben werden?

Dies sind Fragen, die von weiterführenden Untersuchungen aufgegriffen werden können. Wie bereits in der Einleitung beschrieben wurde bei der Erhebung der Daten kein Augenmerk auf die Wassertemperatur an den Messstellen gelegt. Diese hätte durch stationäre Apparaturen zusätzlich zu den Strahlungsmessungen an jedem Transekt stattfinden müssen. Zudem hätte diese Wassertemperaturmessung über längere Zeiträume stattfinden müssen, um repräsentative Aussagen treffen zu können beziehungsweise um diese mit den Strahlungsdaten zu verstricken.

Die gewonnenen GSF-Werte können jedoch für weiterführende Untersuchungen der Gewässertemperatur als Grundlagendaten herangezogen werden.

7 Zusammenfassung / Empfehlungen für die Praxis

Hemisphärische Aufnahmen sind geeignet um die Strahlungssituation eines Gewässerabschnittes ausreichend zu erheben. Bei Flüssen, die in ihrer Beschaffenheit Pinka und Lafnitz ähneln, reicht für die meisten Transekte eine Flussmittenaufnahme aus, um Strahlungsunterschiede zwischen den Standorten zu erheben.

Die statistische Auswertung zeigt, dass die GSF-Strahlungsmittelwerte, die an Lafnitz und Pinka im Sommer in der Flussmitte gemessen wurden, signifikant unterschiedlich sind. Über alle Transekte betrachtet weist die Pinka, welche stärker durch den Menschen verändert wurde, niedrigere GSF Werte mit durchschnittlich 36,18 % als die Lafnitz mit 51,18 % auf. Demnach ist der Fluss an sämtlichen Transekten um 15 % stärker beschattet.

Die Unterschiede im Jahresverlauf ergeben sich aufgrund der fehlenden Belaubung der Vegetation im Winter sowie der unterschiedlichen Beschaffenheit des Vegetationsüberhanges. Je mehr Vegetationsüberhang besteht, desto mehr Bedeckung geht im Winter durch die fehlende Blattmasse verloren. Vor allem an der Pinka ergeben sich die größten jahreszeitlichen Differenzen der Global Site Factor Werte, gebildet über den Gewässerquerschnitt mit 33,13 % über den Ganztageszeitraum. An der Lafnitz hingegen fallen die jahreszeitlichen Unterschiede mit 19,45 % ganztags wesentlich geringer aus, da weniger Überhang im Verhältnis zur benetzten Wasserfläche vorherrscht. Auf Grund dessen fehlt im Vergleich zur Pinka die entsprechende Blattmasse, welche beschattend wirken und durch den Laubabwurf verloren werden kann.

Strahlungsunterschiede im tageszeitlichen Verlauf können bis zu 30 % erreichen, wobei an den meisten Transekten die Mittagsstrahlungswerte höher sind als jene über den gesamten Tag berechnet. Dies lässt sich damit begründen, dass die Sonnenstrahlung über die Mittagszeit aufgrund des höheren Sonnenstandes ungehinderter auf die Wasserfläche auftreffen kann.

Der errechnete Global Site Factor wird durch eine Vielzahl an Einflussgrößen wie morphologische und topographische Gegebenheiten der Gewässerrinne sowie der Ausprägung der Uferbegleitvegetation beeinflusst (Abbildung 36, S. 63). Bei der Prüfung der Wirkung der Einflussgrößen auf den GSF - Wert konnten jedoch kaum Zusammenhänge beobachtet werden. Einzige Ausnahme stellt die vorhandene Ufervegetation dar, welche die größte Wirkung auf den GSF-Wert zeigt. Im Gegensatz zu flussmorphologischen Gegebenheiten musste für die Vegetation jedoch eine Möglichkeit gefunden werden diese zu klassifizieren, um einen Vergleich mit den gemessenen Strahlungswerten zu erstellen. In Form der Vegetationszahl wurde eine Möglichkeit gefunden, die bestehende Ufervegetation in sämtlichen Ausprägungen anhand eines Wertes zu bündeln. Trotz der in Kapitel 6 (S. 135) angesprochenen Fehlerquellen verfügt diese Vegetationszahl über einen statistisch nachweisbaren Einfluss, welcher sich durch eine mittelgradige Korrelation von -,456** mit dem GSF Wert ausdrücken lässt.

Begünstigt wird die strahlungsmindernde Wirkung der Vegetation demnach durch

- eine dichte Vegetation am Ufer
- einen breiten und vielschichtigen Überhang optimal ausgeformt als Kronenschluss
- breite Ufersäume

Wie zu Beginn der Masterarbeit in Abbildung 2 (S. 9) beschrieben, kann die Aussage bestätigt werden, dass Gewässerbereiche, die stärker von Vegetation umgeben beziehungsweise überschirmt sind, eine geringere Einstrahlung aufweisen.

Hier muss berücksichtigt werden, dass mit steigender Flussbreite alle beschattungswirksamen Einflussgrößen in ihrer Wirkung generell abnehmen. Jedoch kann eine ausreichend vorhandene Ufervegetation die Einstrahlungsmenge wiederum abpuffern. Diese Tatsache konnte an vorhandenen Mäanderstrecken beobachtet werden, welche sich überwiegend in den Mittelläufen der Flüsse befinden (Abbildung 67 - S. 101). Obwohl diese Bereiche die größte benetzte Wasserfläche mit durchschnittlich 12,37 m aufweisen, verfügen sie zugleich über die dichteste Vegetation mit einer Vegetationszahl von 21 über die Gesamttransektbreite gebildet. Dadurch ergeben sich durchschnittliche Global Site Factor Werte für beide Flüsse gebildet, in der Höhe von 39,74 % im Vergleich zu 46,5 % an Transekten des geraden Flusstyps. Bei dichten und mehrschichtig auftretendem Kronenschluss können vor allem an der Pinka GSF Werte unter 30 % beobachtet werden. Auch bei der Lafnitz besteht eine ähnliche Situation und es werden GSF Werte beobachtet, die überwiegend unterhalb des errechneten Durchschnittes aller Transekte liegen. Einzige Ausnahme bei gegebenem Kronenschluss stellt der Transekt Lafnitz 16 dar, welcher nur über einen schmalen überschirmten Bereich verfügt. So kann bewiesen werden, dass partiell überschirmte Bereiche die Beschattung nur geringfügig verbessern, da die solare Strahlung von den Seiten weiterhin ungehindert auf den Wasserkörper treffen kann.

Speziell die Lafnitz verfügt über zahlreiche Gewässerabschnitte, in denen der Fluss unverbaut ist und sein eigenes Gewässerbett schaffen kann. Dies steigert die Dynamik und begünstigt die Entstehung von Pionierstandorten wie Kiesbänken und Uferanbrüchen. Diese Bereiche sind speziell aus ökologischer Sicht bedeutsam. Deshalb und in Anbetracht der gemessenen günstigen Beschattungssituation beider Flüsse in diesen Bereichen sollten diese unbedingt in deren derzeitiger Ausprägung erhalten bleiben.

Auch aufgrund der Tatsache, dass es in Folge des Klimawandels vermehrt zu Starkregenereignissen kommen kann, gewinnen derartige Bereiche für den Menschen an Bedeutung, da breite Gewässerläufe mehr Wasser aufnehmen können als schmale. Zudem ist die Höhe des zu erwartenden Schadens bei einer entsprechenden Freihaltung der angrenzenden Flächen geringer. Folglich kann es im Gewässerlauf verstärkt zu Erosion kommen. Dies speziell an den Prallufern, wodurch oftmals die vorhandene Ufervegetation unterspült wird. Fehlt diese, steigt je nach Vegetationsbeschaffenheit und Exposition die Strahlungsmenge, die den Wasserkörper in Folge erreicht.

An diesen Bereichen könnten demnach ingenieurbiologische Baumaßnahmen, welche mit dem Aufbau einer Gehölzvegetation verbunden sind, zur Anwendung kommen. Diese wirken folglich der Ufererosion entgegen. Baumaßnahmen welche umgesetzt werden, sollten den Fluss nicht einengen, jedoch verhindern, dass die gewünschte Ufervegetation aberodiert wird. Somit kann die ökologische Wirkung beibehalten und falls gewünscht, eine Beschattung durch den Erhalt bestehender Vegetation beziehungsweise durch Neupflanzung begünstigt werden. Es gilt hier geeignete Arten zu verwenden.

Bei den Maßnahmen sollte somit der Schwerpunkt auf der Verwendung von beschattungswirksamen Gehölzen gelegt werden, die über die Eigenschaft verfügen, den Wasserkörper vielschichtig und dicht zu überschirmen. Jedoch nicht nur an naturbelassenen Abschnitten eignen sich derartige ingenieurbiologische Baumaßnahmen um die Beschattungssituation zu verbessern, sondern auch an stark veränderten Flussabschnitten. Dies verdeutlicht der Transekt Lafnitz 32 (Abbildung 89 - S. 123), welcher über eine der besten Beschattungen am gesamten Fluss verfügt. Mitunter lässt sich dies auf die dort bereits stattgefundene ingenieurbiologische Verbauung zurückführen. Die damals eingebaute Weidenspreitlage bildet heute in diesem Bereich einen mehrschichtigen dichten Überhang von 5 m ausgehend von der orographisch linken Uferseite, welche den 6 m breiten Wasserkörper gegen den freien Himmel abschirmt.

An anthropogen stark beeinflussten Gewässerabschnitten könnten breitere Ufersäume angelegt werden. Diese sind in der Lage, zu einer besseren Beschattungssituation durch ein Absenken der GSF Werte um bis zu 20 % beizutragen. Erreicht werden könnte dies durch eine entsprechende Nutzungsfreistellung der Flächen.

Unbedingt sollten längere Gewässerabschnitte ohne Vegetation vermieden werden, insofern bei Bestehen größere Gewässerbreiten. Optimal wäre ein Mischung aus Bereichen, an denen der Wasserkörper durch dichte und durchgehende Vegetation überschirmt ist und durch gelegentlich auftretende freie Flächen charakterisiert ist. Dieser Wechsel von Licht und Schatten ist nach RICKERT (1985) von großer ökologischer Bedeutung, da somit Lebensräume für viele Organismen geschaffen werden.

Verzeichnisse

8 Literaturverzeichnis

AEIOU (2014): Austria-Forum, das Wissensnetz, online verfügbar unter http://austria-forum.org/af/AEIOU/Pinka, (10.05.2014)

AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG (2006): SUMAD TEAM ARBEITSGRUPPE 2, Vorlandmanagementplan für großflächig eingedeichte Flussauen – Bericht der österreichischen Projektgebiete; Version 3.

AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG (2013): Abteilung 9 - Wasser und Abfallwirtschaft. Programm Klimafolgenforschung ACRP 5th Call. Pinka LowFlow+, Niederwassermanagement von veränderten mittelgroßen Fließgewässersystemen unter Berücksichtigung des Klimawandels, GIS - Daten

AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG (2014): Wasserportal Burgenland, Abteilung 9 - Wasser und Abfallwirtschaft, online verfügbar unter http://wasser.bgld.gv.at/hydrographie/abfluss/heiligenkreuz.html (14.05.2014)

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2014): Digitaler Atlas Steiermark, Landesamtsdirektion, Referat Kommunikation Land Steiermark, online verfügbar unter http://gis2.stmk.gv.at/atlas/(S(fsb0xqb1manlcvwd3bsonzfq))/init.aspx?karte=gew&ks=das&cms=da&massstab=800000 (14.05.2014)

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- U. FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT U. WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW) (2014): Hydrographie Österreich - eHYD, online verfügbar unter http://ehyd.gv.at/ (06.03.2014)

BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (BEV) (2014): Austrian Map online, online verfügbar unter http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492 (06.03.2014)

BREHM J., MEIJERING M. (1982): Fließgewässerkunde. Einführung in die Limnologie der Quellen,Bäche und Flüsse. Biologische Arbeitsbücher Bd. 36. Heidelberg.

CEJKA A., DVORAK M., FORTMANN I., KNOGLER E., KORNER I., SCHLÖGL G., WENDELIN B., WOLFRAM G., ZECHMEISTER T.C. (2005): Das Lafnitztal, Flusslandschaften im Herzen Europas, Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien.

DEUTSCHE IPCC KOORDINIERUNGSSTELLE 2013: Der Fünfte IPCC Sachstandsbericht, online verfügbar unter http://www.de-ipcc.de/de/200.php (07.03.2014)

EBERSTALLER J., PINKA P., LENZ K. (2002): Variantenstudie Pinka - Stieberteich -Wehoferbach inkl. Detailplanung Stieberteich, Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur, Universität für Bodenkultur Wien, ezb – Eberstaller Zauner Büros, Wien.

FABIAN P. (2002): Leben im Treibhaus, Unser Klimasystem und das was wir daraus machen, Springer – Verlag Heidelberg.

FREY M. (2002): Temperaturmodellierung – Auswirkungen von Kraftwerken auf das Temperaturregime in Zuflüssen der Rhône. Diplomarbeit. Rhône-Thur Publikation Nr. 2, ETH Zürich/ EAWAG Kastanienbaum, online verfügbar unter http://www.rhone-thur.eawag.ch/publikationen.html. (20.04.2014)

FÜRBASS S. (2012): Beschattungspotential von Ufervegetation im Lauf der Vegetationsperiode, Ein Modellversuch zur Strahlungsdurchlässigkeit der Purpur-Weide (*Salix purpurea*); Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.

GAUMERT D., HENTSCHEL A., JÜRKING P., KRAUS. W., MUTHORST J., PATT H., RICKERT K., WINKELHAUSEN H. (1997): Uferstreifen an Fließgewässern - Funktion, Gestaltung und Pflege, DVWK Merkblätter 244/1997, Moser Druck und Verlag GmbH, Bonn.

GEIGER R. (1964/1966): Die Atmosphäre der Erde, 12 Wandkarten mit Erläuterungen, Perthes, Darmstadt.

GLEIS S. (2014): Renewable Energy Concepts, Sonnenstandsdiagramm - 7411 Markt Allhau, Österreich, online verfügbar unter http://www.renewable-energy-concepts.com/german/sonnenenergie/basiswissen-solarenergie/verschattung-solarmodul/sonnenstand/diagramm-AT-7411-Markt-Allhau.html (04.12.2013)

HARTMANN, D.L., A.M.G. KLEIN TANK, M. RUSTICUCCI, L.V. ALEXANDER, S. BRÖNNIMANN, Y. CHARABI, F.J. DENTENER, E.J. DLUGOKENCKY, D.R. EASTERLING, A. KAPLAN, B.J. SODEN, P.W. THORNE, M. WILD and P.M. ZHAI, (2013): Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

HÄCKEL H. (2005): Meteorologie. 5. Auflage, Ulmer – Stuttgart (Hohenheim), S. 162

HÄCKEL H. (2012): Meteorologie. 7. Auflage, Ulmer – Stuttgart (Hohenheim), S.402 - 407

JACHS. V. (2014): Veränderung der Ufervegetation und Flussmorphologie an der Lafnitz – unter besonderer Berücksichtigung von anthropogenen Eingriffen, Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.

JUNGWIRTH M., HAIDVOGL G., MOOG O., MUHAR S., SCHMUTZ S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien.

KILIAN W., MÜLLER F., STARLINGER F. (1993): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs - Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt Waldforschungszentrum - Wien, S.13: 38-40: 51-53.

KRAUS W. (1984): Uferstreifen an Gewässern zum Nutzen der Wasserwirtschaft, Ökologie und Landwirtschaft, Wasser & Boden, 36. Jahrg., Heft 12.

LARCHER W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen, 5. Auflage, Ulmer – Stuttgart (Hohenheim).

LEDOCHOWSKI V. (2014): Veränderungen der Ufervegetation und Flussmorphologie und deren Einfluss auf die Wassertemperatur im Längsverlauf der Pinka, Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.

LINNENKAMP J., HOFFMANN M.H. (1990): Auswirkung von Reihenpflanzungen auf den ökologischen Zustand eines Flachlandbaches, Wasser und Boden.- Heft 42.

MALLINGER A. (2014): Gewässermorphologische Analyse der Pinka – eine Grenzstrecke zu Ungarn, Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.

MARKOWSKI A. (2006): Orte in Österreich. Photogrammetrie und Bildflug, online verfügbar unter http://www.orte-in-oesterreich.de/himmelsrichtungen.html (13.2.2014)

NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER (2013): Magnetic Field Calculator. Colorado, USA, online verfügbar unter http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/ (26.11.2013)

NATURSCHUTZBUND (2014): Südbgld. Hügel- und Terrassenland, Landesgruppe Burgenland, Eisenstadt, online verfügbar unter http://www.naturschutzbund-burgenland.at/de/schutzgebiete/landschaftsschutzgebiete/111-suedbgld-huegel-und-terrassenland.html (06.05.2014)

NEWPORT CORPORATION (2014): Einführung in die Sonnenstrahlung, online verfügbar unter https://www.newport.com/Einf%C3%BChrung-in-die-Sonnenstrahlung/411919/1031/content.aspx (06.03.2014)

OBERLEITNER I. (2006): Österreichische Feuchtgebietsstrategie 2006 - 2010, Ziele und Maßnahmen, Lebensministerium Abt. II/4, Wien.

PAEGER J. (2013): Ökosystem Erde, http://www.oekosystem-erde.de/html/wasser.html#wasserkreislauf (02.03.2014)

PROMIS A et al., (2011): Comparison of four different programs for the analysis of hemispherical photographs using parameters of canopy structure and solar radiation transmittance, in Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz Heft 11, http://www.afsv.de/download/literatur/waldoekologie-online/waldoekologie-online_heft-11-1.pdf

REINER A. (2011): Beschattungspotential von Ufervegetation, Ein Modellversuch zur Strahlungsdurchlässigkeit der Purpurweide (*Salix pupurea*); Diplomarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.

RICH P.M. (1990): Characterizing Plant Canopies with Hemispherical Photographs, Department of Biological Sciences, Stanford University, Stanford CA, http://professorpaul.com/publications/rich_1990_rsr_hp.pdf (08.04.2014)

RICH P.M., WOOD J., VIEGLAIS D.A., BUREK K., WEBB N. (1999): Guide to HemiView; software for analysis of hemispherical photography. Delta–T Devices, Ltd., Cambridge, England.

RICKERT, K. (1985): Der Einfluß von Gehölzen auf die Lichtverhältnisse und das Abflußverhalten in Fließgewässern; Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover.

SCHÖNWIESE C.-D. (2013): Klimatologie, 4.Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

SCHUME H. (1998): Wasserhaushaltsuntersuchungen an Hybridpappelbeständen der weichen Au bei Altenwörth; Dissertation am Institut für Waldökologie der Universität für Bodenkultur Wien.

SCHWOERBEL J., BRENDLBERGER H. (2005): Einführung in die Limnologie, 9.Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, München.

TRICHON V., WALTER J-M.N., LAUMONIER Y. (1998): Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. Plant Ecology. 137.

UMWELTVERBAND WWF ÖSTERREICH "WORLD WIDE FUND FOR NATURE" (o.J.): Ökomasterplan Schutz für Österreichs Flussjuwele, Österreichweite Untersuchung zu Zustand und Schutzwürdigkeit von Fließgewässern, Wien S. 20f, online verfügbar unter http://www.oekomasterplan.at/fileadmin/user_upload/pdf/wwf-oekomasterplan-.pdf (06.05.2014)

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN (2012): Projekt BIO_CLIC: Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement (IHG), Institut für Meteorologie (BOKU-Met); Department für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) - Wien

VEREIN ÖKOENERGIELAND (2013): Projekt LowFlow+, Niederwassermanagement von veränderten mittelgroßen Fließgewässersystemen unter Berücksichtigung des Klimawandels, Güssing, online verfügbar unter http://www.oekoenergieland.at/index.php/projekt-lowflow (10.10.2013)

WEBB N. (2009): User Manual for the Self Levelling Mount type SLM8, Version 1.0; Delta-T Devices Ltd; Burwell Cambridge UK.

WEIHS P. (2013): Universitätsprofessor am Institut für Meteorologie an der Universität für Bodenkultur Wien, Externes Datenmaterial

WEIDEVEREIN RAMSARGEBIET LAFNITZTAL (o.J.): Vorbild Lafnitztal?, Das LIFE Natur Projekt „Lafnitz - Lebensraumvernetzung an einem alpin-pannonischen Fluss“ und weitere Aktionen zur Umsetzung Natura 2000, die Wasserrahmenrichtlinie und Regionalentwicklung im Lafnitztal, Loipersdorf.

WIKIPEDIA (2013): "Die freie Enzyklopädie“ online verfügbar unter
http://de.wikipedia.org/wiki/Kompass (10.02.2013)

WOLFRAM G., WOSCHITZ G., WOLFRAM A., HORVATH J. (2008): LIFE – Natur „Lafnitz – Lebensraumvernetzung an einem alpin-pannonischen Fluss“, Maßnahme F.2 Wissenschaftliches Monitoring Endbericht, DWS Hydro-Ökologie GmbH, Technisches Büro für Gewässerökologie und Landschaftsplanung, Wien.

WOSCHITZ G., WOLFRAM, G. (2012): Status quo der Schutzgüter Fische und Neunaugen im Natura-2000-Gebiet Lafnitzauen (AT1122916), Österreichischer Naturschutzbund Landesgruppe Burgenland, Eisenstadt.

ZAMG (2012): Meteorologisches Jahrbuch 2011, online verfügbar unter
http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch (12.4.2014)

ZARN B. (1997): Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität, online verfügbar unter
http://people.ee.ethz.ch/~vawweb/vaw_mitteilungen/154/154_g.pdf (20.03.2014)

ZINGERLE M. (2012): Beschattungspotential von Ufervegetation an Fließgewässern, Eine Feldstudie am Wienfluss; Diplomarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau an der Universität für Bodenkultur Wien, S. 72.

9 Software

- HEMIVIEW. Canopy Analysis Software (1999). Delta-T Devices Ltd.
- AUTOCAD. Entwurfszeichenprogramm (2010). Autodesk.
- ARCGIS. Geoverarbeitungsprogramm (2010). Esri Inc.
- PHOTOSHOP. Bildbearbeitungsprogramm (2010). Adobe Systems GmbH.
- DIGITAL PHOTO PROFESSINAL. Bildbearbeitungsprogramm (2010). Canon Deutschl. GmbH.
- GOOGLE EARTH. 3D-digital Globe (2013). Google Inc.
- EXCEL. Datenverarbeitungsprogramm (2007). Microsoft Corporation
- SPSS 21. Statistisches Auswertungsprogramm (2013). IBM International

10 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: GLOBALER LANDOBERFLÄCHENTEMPERATURANSTIEG 1850 – 2000 ANHAND VON 4 DATENQUELLEN; QUELLE: HARTMANN ET AL., 2013, S 187 7
ABBILDUNG 2: LICHTSTÄRKE AN DER WASSEROBERFLÄCHE EINES STARK BESCHATTETEN FLIEßGEWÄSSERS (A) SOWIE EINES WENIGER STARK BESCHATTETEN (B) IM JAHRESVERLAUF; QUELLE: BREHM UND MEIJERING, 1982, S.47 9
ABBILDUNG 3: MORPHOLOGISCHE FLUSSTYPEN; QUELLE: JUNGWIRTH ET AL., 2003, S.77 10
ABBILDUNG 4: TEMPERATURABHÄNGIGE SAUERSTOFFSÄTTIGUNG (A) UND SAUERSTOFFBEDARF VON ORGANISMEN; (B) QUELLE: JUNGWIRTH ET AL., 2003, S.41 13
ABBILDUNG 5: DARSTELLUNG DER ATMOSPHÄRISCHEN VORGÄNGE BEZÜGLICH DER SOLAREN EINSTRAHLUNGSMENGE; QUELLE: SCHÖNWIESE, 2013, S. 116 14
ABBILDUNG 6: KURZWELLIGES STRAHLUNGSSPEKTRUM UND DESSEN VERÄNDERUNG BEIM DURCHGANG DURCH DIE ATMOSPHÄRE; QUELLE: HÄCKEL, 2005, S.179 16
ABBILDUNG 7: AUFZEICHNUNG DER OBERFLÄCHENSONNENSTRAHLUNG IM JAHRESDURCHSCHNITT, GEMESSEN IN SCHWEDEN - STOCKHOLM; QUELLE: HARTMANN ET AL., 2013, S 184. 17
ABBILDUNG 8: ABSORPTIONS-, REFLEXIONS- UND DURCHLÄSSIGKEITSEIGENSCHAFTEN EINES PAPPELBLATTES; QUELLE: FABIAN, 2002, S. 84 17
ABBILDUNG 9: SPEKTRALE STRAHLUNGSVERTEILUNG DER UNGEHINDERT EINFALLENDEN MITTAGSSONNENSTRAHLUNG, IM SCHLAGSCHATTEN EINER HECKE SOWIE UNTERHALB EINER GESCHLOSSENEN VEGETATIONSABDECKUNG; QUELLE: LARCHER, 1994, S. 47 19
ABBILDUNG 10: WASSERMOLEKÜL; QUELLE: PAEGER, 2013 19
ABBILDUNG 11: ENERGIEFLÜSSE, WELCHE DEN WÄRMEHAUSHALT IN FLIEßGEWÄSSERN BESTIMMEN; QUELLE: FREY, 2002, S. 21 20
ABBILDUNG 12: SPEKTRALE TRANSMISSION FÜR EINE WASSERSCHICHT VON 1M DICKE, DW - DESTILLIERTES WASSER, A-L SEEN VERSCHIEDENER BESCHAFFENHEIT; QUELLE: SCHWOERBEL UND BRENDLBERGER, 2005, S.34 21
ABBILDUNG 13: ERDACHSENNEIGUNG GEGEN DER UMLAUFEBENE IM JAHRESVERLAUF; QUELLE: SCHÖNWIESE, 2013, S. 112 22
ABBILDUNG 14: SONNENBAHN IM VERLAUF EINES JAHRES ANHAND EINES SONNENSTANDSDIAGRAMMS FÜR DIE GEMEINDE MARKT ALLHAU; QUELLE: GLEIS, 2014 23
ABBILDUNG 15: ÜBERSICHT UNTERSUCHUNGSGEBIET, FLUSSLAUF LAFNITZ (BLAU MARKIERT), FLUSSLAUF PINKA (ROT MARKIERT); QUELLE: BEV, 2014, MODIFIZIERT 24
ABBILDUNG 16: WUCHSGEBIETE ÖSTERREICHS; QUELLE: KILIAN ET AL. 1994 25
ABBILDUNG 17: GEWÄSSERABSCHNITT DER LAFNITZ IN DER NÄHE VON NEUSTIFT; 14.05.2013 29
ABBILDUNG 18: GEWÄSSERABSCHNITT DER PINKA IN OBERWART; 26.05.2013 31
ABBILDUNG 19: KOMPASSROSE ZUR EXPOSITIONSBESTIMMUNG; QUELLE: WIKIPEDIA, 2013 34
ABBILDUNG 20: FLUSSLÄUFE VON LAFNITZ UND PINKA INKLUSIVE TRANSEKTVERMARKUNG SOWIE UNTERTEILUNG IN OBER-, MITTEL- UND UNTERLAUF; ARCGIS – KARTENAUSZUG, 2013 36
ABBILDUNG 21: TRANSEKTSCHEMA, SCHNITT UND DRAUFSICHT. ANGABEN IN M; AUTOCAD, 2013 37
ABBILDUNG 22: SCHEMATISCHER SONNENSTAND FÜR DEN 21. JUNI IN MARKT ALLHAU (BURGENLAND) SOWIE DIE LÄNGE DES MÖGLICHEN SCHATTENWURFES EINES 30 M HOHEN BAUMES, ANGABEN IN M; AUTOCAD, 2013 38
ABBILDUNG 23: DEFINITION DER BÖSCHUNGSOBERKANTE (BOK); AUTOCAD, 2013 39
ABBILDUNG 24: AUSZUG AUS DEM ANFAHRTSPLAN FÜR EINIGE TRANSEKTE AN DER LAFNITZ; EXCEL, 2013 40
ABBILDUNG 25: NOTWENDIGE LAGEVERSCHIEBUNG EINES TRANSEKTES (LINKS) SOWIE ENDGÜLTIGE POSITIONIERUNG UND AUSRICHTUNG AM BEISPIEL DES TRANSEKTES LAFNITZ 12; ARCGIS, 2013 41

ABBILDUNG 26: KENNZEICHNUNG DER TRANSEKTE MITTELS HOLZPFLOCK (LINKS) UND FARBMARKIERUNG (RECHTS) AM BEISPIEL VON LAFNITZ 1, GEMEINDE VORNHOLZ BEI VORAU (LINKS) SOWIE LAFNITZ 8, GEMEINDE SANKT LORENZEN (RECHTS); 09.07.2013 41
ABBILDUNG 27: AUFNAHMESCHEMA DER VEGETATION FÜR EINEN TEILBEREICH DER GESAMTTRANSEKTBREITE, UNTERTEILUNG IN HÖHENSCHICHTEN (BALKEN RECHTS); AUTOCAD. 2013 42
ABBILDUNG 28: AUFNAHMEBOGEN VEGETATION OROGRAPHISCH LINKS; INDESIGN, 2013 43
ABBILDUNG 29: AUFNAHMESCHEMA DER HEMISPHÄRISCHEN FOTOGRAFIEN; AUTOCAD, 2013 47
ABBILDUNG 30: DATENBLATT DER MAGNETISCHEN DEKLINATION FÜR DEN TRANSEKT PINKA 4; QUELLE: NATIONAL GEOGRAPHIC DATA CENTER, 2013 48
ABBILDUNG 31: FISCHAUGENKAMERA MIT KARDANISCHER AUFHÄNGUNG; 02.07.2013 49
ABBILDUNG 32: VERGLEICH ZWISCHEN ÜBERBELICHTETER (LINKS) UND PASSENDER AUFNAHME (RECHTS) AM TRANSEKT P07, GEMEINDE PINGGAU; 03.07.2013 51
ABBILDUNG 33: TRANSEKT LAFNITZ 45 (GEMEINDE HEILIGENKREUZ IM LAFNITZTAL) STARKE SONNENEINSTRAHLUNG; VERGLEICH DER AUFNAHME VOR (LINKS) UND NACH DER BILDBEARBEITUNG (RECHTS); ORIGINAL LINKS AUFGENOMMEN AM 08.08.2013, RECHTES BILD BEARBEITET MITTELS PHOTOSHOP, 2013 52
ABBILDUNG 34: TRANSEKT LAFNITZ 22 (GEMEINDE LOIPERSDORF-KITZLADEN) VIELE GRAUTÖNE; VERGLEICH DER AUFNAHME VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) DER BILDBEARBEITUNG; ORIGINAL LINKS AUFGENOMMEN AM 05.08.2013, RECHTES BILD BEARBEITET MITTELS PHOTOSHOP, 2013 52
ABBILDUNG 35: EINSTELLUNG FÜR DAYTRACK (ROSA) UND SKYMAP (GELB) AM BEISPIEL PINKA 14 IN PINKAFELD; 03.07.2013, HEMIVIEW, 2013 55
ABBILDUNG 36: SCHEMATISCHER AUFBAU KAPITEL 5 UND DER AUSWERTUNG, AUFLISTUNG DER UNTERSUCHTEN EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN GSF WERT; 2013 63
ABBILDUNG 37: TRANSEKTVERTEILUNG AN DER LAFNITZ UND PINKA NACH SEEHÖHE; EXCEL, 2013 64
ABBILDUNG 38: FLIEßRICHTUNGEN AN LAFNITZ (N=45) UND PINKA (N=50); EXCEL, 2013 65
ABBILDUNG 39: FLUSSTYPEN BEIDER FLÜSSE (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 66
ABBILDUNG 40: DARSTELLUNG DER UFERKANTENAUSPRÄGUNG BEIDER FLÜSSE (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 66
ABBILDUNG 41: VERTEILUNG DER BÖSCHUNGSBREITEN ZU BÖSCHUNGSHÖHEN AN DER LAFNITZ, FÜR LINKE UND RECHTE BÖSCHUNG; EXCEL, 2013 67
ABBILDUNG 42: VERTEILUNG DER BÖSCHUNGSBREITEN ZU BÖSCHUNGSHÖHEN AN DER PINKA, FÜR LINKE UND RECHTE BÖSCHUNG; EXCEL, 2013 68
ABBILDUNG 43: FLUSSBREITE SOWIE BENETZTE WASSERFLÄCHE DER BEIDEN FLÜSSE; EXCEL, 2013 69
ABBILDUNG 44: DURCHSCHNITTLICHE BENETZTE WASSERFLÄCHE AN BEIDEN FLÜSSEN JE FLUSSABSCHNITT (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 70
ABBILDUNG 45: HÄUFIGE VORGEFUNDENE ARTEN AN LAFNITZ UND PINKA SOWIE GESAMT; VERBINDUNGSLINIEN DIENEN DER VISUALISERUNG; EXCEL, 2013 71
ABBILDUNG 46: VORKOMMEN AN DRÜSIGEM SPRINGKRAUT/*IMPATIENS GLANDULIFERA* (LINKS), RIESENGOLDRUTE/*SOLIDAGO GIGANTEA* (MITTE) UND JAPANISCHER KNÖTERICH/*FALLOPIA JAPONICA* (RECHTS); AUFGENOMMEN LINKS 04.07.2013, MITTE 28.07.2013, RECHTS 10.07.2013 72
ABBILDUNG 47: HÄUFIGKEIT DER BODENBEDECKUNGSKLASSENHÖCHSTWERTE AUF GRUNDLAGE ALLER PLOTS AN LAFNITZ N=45 (LINKS) UND PINKA N=50 (RECHTS); EXCEL, 2013 72
ABBILDUNG 48: DURCHSCHNITTLICHE BODENBEDECKUNGSKLASSEN JE PLOT FÜR BEIDE FLÜSSE (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 73
ABBILDUNG 49: DURCHSCHNITTLICHE BODENBEDECKUNG AN DER LAFNITZ (N=45) JE PLOT UND BEDECKUNGSKLASSE JE VEGETATIONSSCHICHT; EXCEL, 2013 74
ABBILDUNG 50: DURCHSCHNITTLICHE BEDECKUNG DER PINKA (N=50) JE PLOT UND BEDECKUNGSKLASSE JE VEGETATIONSSCHICHT; EXCEL, 2013 75

ABBILDUNG 51: BODENBEDECKUNGSKLASSEN JE PLOT UND BEDECKUNGSKLASSE JE VEGETATIONSSCHICHT AM TRANSEKT LAFNITZ 10; EXCEL, 2013 76
ABBILDUNG 52: UMGEBUNGSFOTO TRANSEKT LAFNITZ 10 MIT BLICK AUF DEN RECHTEN UFERSAUM; 09.07.2013 76
ABBILDUNG 53: HÄUFIGKEIT DER UFERSAUMKOMBINATIONEN FÜR BEIDE FLÜSSE (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 77
ABBILDUNG 54: HÄUFIGKEIT DER UFERSAUMKOMBINATIONEN JE KATEGORIE AN LAFNITZ (OBEN) UND PINKA (UNTEN) (LAFNITZ N=45, PINKA N=50); EXCEL, 2013 78
ABBILDUNG 55: GEGENÜBERSTELLUNG DES GSF SOMMER/FLUSSMITTEN/GANZTAGESWERTES IN % ZUM GEBILDETEN GSF SOMMER/DURCHSCHNITT/GANZTAGESWERT DER 3 AUFNAHMEN IN % (OL,M,OR); EXCEL, 2013 79
ABBILDUNG 56: VERGLEICH DER GSF WERTE GANZTAGS ZU MITTAGS AN DER LAFNITZ; EXCEL, 2013 84
ABBILDUNG 57: VERGLEICH DER GSF WERTE GANZTAGS ZU MITTAGS AN DER PINKA; EXCEL, 2013 85
ABBILDUNG 58: VERTEILUNG DER SOMMER (S) GSF WERTE IN DER FLUSSMITTE (M) AN DER LAFNITZ N=45 UND PINKA N=50 GANZTAGS (BLAU) ZU MITTAGS (GELB) IN KLASSEN; EXCEL, 2013 86
ABBILDUNG 59: VERGLEICH DER SOMMER (S) GSF – WERTE DER FLUSSMITTEN (M) GANZTAGS (GRÜN) ZU MITTAGS (VIOLETT) AN LAFNITZ (OBEN) UND PINKA (UNTEN) 2013; EXCEL, 2013 87
ABBILDUNG 60: PINKA 27 IN UNTERWART, ALS BEISPIEL FÜR STÄRKERE BESCHATTUNG ÜBER DIE MITTAGSZEIT; ARCGIS – KARTENAUSZUG ADAPTIERT (LINKS), RECHTS 10.07.2013 88
ABBILDUNG 61: LAFNITZ 19 BEI LOIPERSDORF-KITZLADEN - HEMISPHÄRISCHE FLUSSMITTENAUFNAHMEN, LINKS SOMMER, RECHTS WINTER; LINKS 15.07.2013, RECHTS 19.03.2013 91
ABBILDUNG 62: PINKA 19 BEI RIEDLINGSDORF - HEMISPHÄRISCHE FLUSSMITTENAUFNAHMEN, LINKS SOMMER, RECHTS WINTER; LINKS 04.07.2013, RECHTS 12.03.2013 92
ABBILDUNG 63: GEGENÜBERSTELLUNG DER STRAHLUNGSDIFFERENZEN DER SOMMER- UND WINTERAUFNAHMEN 2013 FÜR LAFNITZ (N=26) UND PINKA (N=23); EXCEL, 2013 94
ABBILDUNG 64: GSF MITTELWERTSVERGLEICH DER FLÜSSE LAFNITZ UND PINKA IN % ÜBER DEN GEWÄSSERQUERSCHNITT FÜR DIE WINTERAUFNAHMEN (OBEN) UND DIE SOMMERAUFNAHMEN (UNTEN) UNTERSCHIEDEN IN GANZTAGS (BLAU) UND MITTAGS (GELB); EXCEL 2013 95
ABBILDUNG 65: LAFNITZ, GSF MITTELWERTSVERGLEICH IN PROZENT ÜBER DEN GEWÄSSERQUERSCHNITT FÜR DIE WINTERAUFNAHMEN (OBEN) UND DIE SOMMERAUFNAHMEN (UNTEN) UNTERSCHIEDEN IN GANZTAGS (BLAU) UND MITTAGS (GELB); EXCEL, 2013 97
ABBILDUNG 66: PINKA, GSF MITTELWERTSVERGLEICH IN PROZENT ÜBER DEN GEWÄSSERQUERSCHNITT FÜR DIE WINTERAUFNAHMEN (OBEN) UND DIE SOMMERAUFNAHMEN (UNTEN) UNTERSCHIEDEN IN GANZTAGS (BLAU) UND MITTAGS (GELB); EXCEL 2013 98
ABBILDUNG 67: DURCHSCHNITTLICHE FLUSSMITTEN (M) STRAHLUNGSWERTE IM SOMMER (S) JE FLUSSABSCHNITT VON LAFNITZ (N=45) UND PINKA (N=50); EXCEL, 2013 101
ABBILDUNG 68: HEMISPÄRISCHE AUFNAHMEN BEI EICHBERG, LAFNITZ 10, LINKS, UND LAFNITZ 11, RECHTS; BEIDE AUFNAHMEN 09.07.2013 102
ABBILDUNG 69: DARSTELLUNG DER TOPOGRAPHIE UND EXPOSITION ANHAND DES TRANSEKTES LAFNITZ 10 (ANSTIEG DES GELÄNDES ZUR SPITZE DES PFEILS UM RUND 100 M)UND LAFNITZ 11 (ANSTIEG DES GELÄNDES ZUR SPITZE DES PFEILS UM RUND 80 M); ARCGIS, 2013 102
ABBILDUNG 70: FLUSSMITTEN (M) GANZTAGESSTRAHLUNGSWERTE SOMMER (S) 2013 VON LAFNITZ (N=45) UND PINKA (N=50) VERGLICHEN MIT HÄUFIG AUFTRETENDEN FLIEßRICHTUNGEN; EXCEL, 2013 103
ABBILDUNG 71: VERHÄLTNIS GSF FLUSSMITTE (M) GANZTAGS (GT) SOWIE MITTAGS (M) ZU BÖSCHUNGSHÖHE OL UND OR AN DER LAFNITZ (OBEN) SOWIE PINKA (UNTEN) IM SOMMER (S); BÖSCHUNGSHÖHEN LINKS (BLAUER BALKEN) UND RECHTS (GRÜNER BALKEN) AUFSUMMIERT; EXCEL, 2013 104
ABBILDUNG 72 VERHÄLTNIS GSF FLUSSMITTE (M) GANZTAGS (GT) SOWIE MITTAGS (M) ZU BÖSCHUNGSHÖHE OL UND OR AN DER LAFNITZ IM SOMMER (S); GRÜNE BALKEN BÖSCHUNGSBREITEN ADDIERT UND BLAUE BALKEN BENETZTE WASSERFLÄCHE; EXCEL, 2013 105

ABBILDUNG 73: VERHÄLTNIS GSF FLUSSMITTE (M) GANZTAGS (GT) SOWIE MITTAGS (M) ZU BÖSCHUNGSHÖHE OL UND OR AN DER PINKA IM SOMMER (S); GRÜNE BALKEN BÖSCHUNGSBREITEN ADDIERT UND BLAUE BALKEN BENETZTE WASSERFLÄCHE; EXCEL, 2013 106
ABBILDUNG 74: BESCHATTUNGSSITUATION DER FLUSSMITTEN (M) ENTSPRECHEND DER HÄUFIG ANGETROFFENEN UFERSAUMKATEGORIEN IM SOMMER (S); EXCEL, 2013 107
ABBILDUNG 75: TRANSEKT PINKA 07 IN DER GEMEINDE PINGGAU, VEGETATIONSDICHTE AM TRANSEKT; ARCGIS, 2013 109
ABBILDUNG 76: TRANSEKT PINKA 08 IN DER GEMEINDE PINGGAU, VEGETATIONSDICHTE AM TRANSEKT; ARCGIS, 2013 110
ABBILDUNG 77: VERGLEICH DER VEGETATIONSZAHL ÜBER DIE GESAMTTRANSEKTBREITE (BLAUE BALKEN) SOWIE FÜR DIE „BÖSCHUNGEN UND ANGRENZENDE 4 PLOTS“ (GRÜNE BALKEN) MIT DEN BESCHATTUNGSWERTEN DER FLUSSMITTE IM SOMMER AN DER LAFNITZ; EXCEL, 2013 112
ABBILDUNG 77: VERGLEICH DER VEGETATIONSZAHL ÜBER DIE GESAMTTRANSEKTBREITE (BLAUE BALKEN) SOWIE FÜR DIE „BÖSCHUNGEN UND ANGRENZENDE 4 PLOTS“ (GRÜNE BALKEN) MIT DEN BESCHATTUNGSWERTEN DER FLUSSMITTE IM SOMMER AN DER PINKA; EXCEL, 2013 113
ABBILDUNG 79: LICHTRAUM IN PROZENT DER BENETZTEN WASSERFLÄCHE VERGLICHEN MIT DEM FLUSSMITTENSTRAHLUNGSWERT GANZTAGS SOWIE MITTAGS AN DER LAFNITZ; EXCEL, 2013 114
ABBILDUNG 80: GEGENÜBERSTELLUNG DER HEMISPHÄRISCHEN AUFNAHMEN LAFNITZ 16 (GDE. NEUSTIFT LINKS) ZU LAFNITZ 1 (GDE. VORNHOLZ RECHTS); LINKS 15.07.2013 UND RECHTS 08.07.2013 115
ABBILDUNG 81: HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME AM TRANSEKT LAFNITZ 34 (GDE. DEUTSCH KALTENBRUNN); 06.08.2013 115
ABBILDUNG 82: LICHTRAUM IN PROZENT DER BENETZTEN WASSERFLÄCHE VERGLICHEN MIT DEM FLUSSMITTENSTRAHLUNGSWERT GANZTAGS SOWIE MITTAGS AN DER PINKA; EXCEL, 2013 116
ABBILDUNG 83: GSF WERTE OROGRAPHISCH LINKS (OL), FLUSSMITTE (M), OROGRAPHISCH RECHTS (OR), JEWEILS GANZTAGS (GT) BZW. MITTAGS (M) IM VERGLEICH ZUM ÜBERHANG (Ü) OROGRAPHISCH LINKS UND RECHTS AN DER LAFNITZ; EXCEL, 2013 117
ABBILDUNG 84: GSF WERTE OROGRAPHISCH LINKS (OL), FLUSSMITTE (M), OROGRAPHISCH RECHTS (OR), JEWEILS GANZTAGS (GT) BZW. MITTAGS (M) IM VERGLEICH ZUM ÜBERHANG (Ü) OROGRAPHISCH LINKS UND RECHTS AN DER PINKA; EXCEL, 2013 118
ABBILDUNG 85: GSF WERTE DER LAFNITZ TRANSEKTE MIT KRONENSCHLUSS IM VERGLEICH ZUM DURCHSCHNITTLICHEN STRAHLUNGSWERT DER FLUSSMITTE; EXCEL, 2013 119
ABBILDUNG 86: GSF WERTE DER LAFNITZ TRANSEKTE OHNE KRONENSCHLUSS IM VERGLEICH ZUM DURCHSCHNITTLICHEN STRAHLUNGSWERT DER FLUSSMITTE; EXCEL, 2013 119
ABBILDUNG 87: GSF WERTE DER PINKA TRANSEKTE MIT KRONENSCHLUSS IM VERGLEICH ZUM DURCHSCHNITTLICHEN STRAHLUNGSWERT DER FLUSSMITTE; EXCEL, 2013 120
ABBILDUNG 88: GSF WERTE DER PINKA TRANSEKTE OHNE KRONENSCHLUSS IM VERGLEICH ZUM DURCHSCHNITTLICHEN STRAHLUNGSWERT DER FLUSSMITTE; EXCEL, 2013 121
ABBILDUNG 89: UMGEBUNGSFOTO LAFNITZ 32 (GDE. BURGAUBERG-NEUDAUBERG) MIT BLICKRICHTUNG FLUSSAB (LINKS) SOWIE HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME GEDREHT (RECHTS); BEIDE 06.08.2013 123
ABBILDUNG 90: UMGEBUNGSFOTO PINKA 46 (GDE. PROSTRUM) MIT BLICKRICHTUNG FLUSSAB (LINKS) SOWIE HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME (RECHTS);LINKS 28.07.2013 UND RECHTS 31.07.2013 125
ABBILDUNG 91: UMGEBUNGSFOTO LAFNITZ 40 (GDE. RUDERSDORF) MIT BLICKRICHTUNG FLUSSAUF (LINKS) SOWIE HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME GEDREHT (RECHTS); BEIDE 07.08.2013 127
ABBILDUNG 92: UMGEBUNGSFOTO PINKA 30 (GDE. ROTENTURM) MIT BLICKRICHTUNG FLUSSAB (LINKS) SOWIE HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME (RECHTS); LINKS 28.07.2013 UND RECHTS 29.07.2013 129
ABBILDUNG 93: UMGEBUNGSFOTO PINKA 29 (GDE. ROTENTURM) MIT BLICKRICHTUNG FLUSSAB (LINKS) SOWIE HEMISPHÄRISCHE AUFNAHME (RECHTS);, LINKS 28.07.2013 UND RECHTS 29.07.2013 130
ABBILDUNG 89: STREUDIAGRAMM VISIBLE SKY WERTE UND FLUSSMITTEN - SOMMER- STRAHLUNGSWERTE BEIDER FLÜSSE IN (%); SPSS, 2013 133

11 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: MITTLERE MONATSTEMPERATUREN SOWIE ANZAHL AN SONNENSTUNDEN IM JAHRESVERLAUF 2011 EINIGER MESSSTELLEN NAHE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES; QUELLE: ZAMG, 2012 27
TABELLE 2: DURCHSCHNITTLICHE ABFLUSSMENGE DER LAFNITZ IM JAHR 2013 AN UNTERSCHIEDLICHEN MESSSTELLEN; QUELLE: AMT D. STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014 (1-3), AMT D. BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014 (4) 28
TABELLE 3: DURCHSCHNITTLICHE ABFLUSSMENGE DER PINKA IM JAHR 2013 AN UNTERSCHIEDLICHEN MESSSTELLEN; QUELLE: AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 2014 31
TABELLE 4: ZEITLICHER RAHMEN DER DATENERHEBUNG IM FELDE, 2013 40
TABELLE 5: SCHEMA DER VEGETATIONSMATRIX ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL FÜR DIE GESAMTE TRANSEKTBREITE; EXCEL, 2013 45
TABELLE 6: SCHEMA DER VEGETATIONSMATRIX ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL FÜR DEN UFERSAUM BIS 22 M VON DER WASSERANSCHLAGSKANTE; EXCEL, 2013 46
TABELLE 7: EINTEILUNG DER VEGETATION IN BEDECKUNGSKLASSEN; 2013 46
TABELLE 8: MAPPENBLATT *TIMESER,* AUSZUG AUS HEMIVIEW, GANZTAGESWERTE (BLAU), MITTAGSSTRAHLUNGSWERTE (GELB); HEMIVIEW, 2013 58
TABELLE 9: BERECHNUNGSSCHEMA GSF FÜR TRANSEKT PINKA 04; EXCEL, 2013 58
TABELLE 10: DIREKTE UND INDIREKTE STRAHLUNGSMENGE IN ABHÄNGIGKEIT DER SEEHÖHE, 21. JUNI; QUELLE: WEIHS, 2013 60
TABELLE 11: KORRELATION ZWISCHEN FLUSSBREITE UND BENETZTER WASSERFLÄCHE BEIDER FLÜSSE; SPSS, 2013 69
TABELLE 12: VERGLEICH DER GSF - WERTE AUS MITTE ZU DURCHSCHNITTSWERT AN DER LAFNITZ; 2013 82
TABELLE 13: VERGLEICH DER GSF - WERTE AUS MITTE ZU DURCHSCHNITTSWERT AN DER PINKA; 2013 83
TABELLE 14: HEMISPHÄRISCHE WINTERAUFNAHMEN 2013, DIE FÜR EINEN STRAHLUNGSWERTVERGLEICH ZWISCHEN SOMMER UND WINTER AN DER LAFNITZ UND PINKA HERANGEZOGEN WERDEN KÖNNEN; 2013 90
TABELLE 15: ÜBERSICHT DER GSF - WERTE SOMMER/WINTER 2013 FÜR LAFNITZ UND PINKA, IN BLAU SIND GANZTAGESWERTE UND IN GELB DIE MITTAGSWERTE ANGEFÜHRT; EXCEL, 2013 93
TABELLE 16: KOLMOGOROV-SMIRNOV-ANPASSUNGSTEST DER ERRECHNETEN STRAHLUNGSWERTE BEIDER FLÜSSE; SPSS, 2013 99
TABELLE 17: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DER NORMALVERTEILTEN STRAHLUNGSWERTE BEIDER FLÜSSE; SPSS, 2013 100
TABELLE 18: T-TEST BEI UNABHÄNGIGEN STICHPROBEN FÜR DIE NORMALVERTEILTEN GSF STRAHLUNGSWERTE BEIDER FLÜSSE; SPSS, 2013 100
TABELLE 19: GSF WERTE IN % VON LAFNITZ UND PINKA DARGESTELLT NACH UFERSAUMKATEGORIE, MITTELWERT ÜBER GEBILDETE KATEGORIE; 2013 108
TABELLE 20: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT PINKA 07 ÜBER DIE GESAMTRANSEKTBREITE ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL; EXCEL 2013 109
TABELLE 21: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT PINKA 08 - UFERSAUM BIS 22 M VON DER WASSERANSCHLAGSKANTE; EXCEL, 2013 110
TABELLE 22: DURCHSCHNITTLICHE BODENBEDECKUNG JE VEGETATIONSSCHICHT - GEWÄSSERNAHE (≤ 22 M) UND GEWÄSSERFERNE (≥ 22 M) BEREICHE SOWIE UNTERSCHIED IN PROZENT FÜR DIE FLÜSSE LAFNITZ UND PINKA; EXCEL, 2013 111
TABELLE 23: DURCHSCHNITTLICHE BODENBEDECKUNG JE VEGETATIONSSCHICHT GEBILDET ÜBER DIE BÖSCHUNG IN PROZENT FÜR BEIDE FLÜSSE; EXCEL, 2013 111
TABELLE 24: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT LAFNITZ 32 ÜBER DIE GESAMTRANSEKTBREITE ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL; EXCEL, 2013 123

TABELLE 25: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT PINKA 46 ÜBER DIE GESAMTRANSEKTBREITE ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL; EXCEL, 2013 125
TABELLE 26: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT LAFNITZ 40 ÜBER DIE GESAMTRANSEKTBREITE ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL; EXCEL, 2013 127
TABELLE 27: VEGETATIONSMATRIX TRANSEKT PINKA 30 ÜBER DIE GESAMTRANSEKTBREITE ZUR BERECHNUNG DER VEGETATIONSZAHL; EXCEL, 2013 129
TABELLE 28: VERGLEICH DER BEIDEN FLÜSSE ANHAND GEMITTELTER AUSPRÄGUNG DER PARAMETER AUFGETEILT NACH FLUSSTYPEN UND GESAMTWERT AM FLUSS; EXCEL, 2013 131
TABELLE 29: REGRESSION ZWISCHEN DEN IM SOMMER ERHOBENEN VISIBLE SKY WERTEN UND DEN GSF WERTEN DER FLUSSMITTEN DER FLÜSSE LAFNITZ UND PINKA; SPSS, 2013 134

12 Anhang

DATEN DVD: INHALT

- Excel Datentabelle
- Magnetische Deklinationen der Transekte
- HemiView Auswertungen
- Fischaugenaufnahmen
- Gis Kartenmaterial
- Ergänzendes Bildmaterial