



Teil der WSL und  
damit des ETH-Bereichs

# Waldlücken

**Aktualisierung des NaiS-Anforderungsprofils «Rutschungen, Erosion, Murgänge»**

GIS-gestützte und statistische Analysen zur Herleitung von Anforderungen an die Waldlückengeometrie zur Verhinderung von flachgründigen Rutschungen

Alexander Bast, Christian Ginzler, Livia Piermattei, Christian Rickli und Frank Graf  
Microsoft Teams, 19. Juli 2024

# Das wird schon gemacht...

## 3.1 Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Rutschungen, Erosion und Murgängen

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr minimal	Anforderungen auf Grund der Naturgefahr ideal
<b>Entstehungsgebiet</b>	<b>Gross</b> bei flachgründigen Rutschungen (Rutschhorizont bis 2 m tief) und bei Oberflächenerosion	<b>Gefüge horizontal</b> Lückengrösse <sup>3</sup> max. 6a, bei gesicherter Verjüngung <sup>1</sup> max. 12a.  <b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd $\geq 40\%$ Minimale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt Mischung Bei Übergängen im Standortstyp ist die Baumarten-Zusammensetzung des feuchteren / stärker vernässten Typs anzustreben	<b>Gefüge horizontal</b> Lückengrösse <sup>3</sup> max. 4a, bei gesicherter Verjüngung <sup>1</sup> max. 8a.  <b>Gefüge horizontal</b> Deckungsgrad <sup>2</sup> dauernd und kleinflächig $\geq 60\%$ Ideale Anforderungen auf Grund des Standortstyps erfüllt Mischung Bei Übergängen im Standortstyp ist die Baumarten-Zusammensetzung des feuchteren / stärker vernässten Typs anzustreben  <b>Stabilitätsträger</b> keine schweren und wurfgefährdeten Bäume

# Was wird schon gemacht...

## Anforderungsprofil des Waldes bezüglich Gerinneprozessen<sup>(1)</sup>

Ort	Potentieller Beitrag des Waldes	Anforderungen aufgrund der Naturgefahr minimal	Anforderungen aufgrund der Naturgefahr ideal
Abflussbereich Murgang / Hochwasser (Zone 1)	Gross bis sehr gering	Wald- und Wasserbauverantwortliche definieren gemeinsam die Ziele, leiten die wirksamen und verhältnismässigen Massnahmen her und richten sie auf die relevanten Schwachstellen <sup>(2)</sup> aus.	
Gerinneeinhang (Zone 2) <sup>(3)</sup>	Gross bis gering	Lückenzahl max. 30 m <sup>(4)</sup> Lückengrösse max. 12 a <sup>(5)</sup> Deckungsgrad dauernd über 50 % <sup>(6)</sup> Höchstens wenig mobilisierbare Bäume und rutschgefährdetes Holz Minimale Anforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt	Lückenzahl max. 20 m <sup>(4)</sup> Lückengrösse max. 6 a <sup>(5)</sup> Deckungsgrad dauernd über 60 % <sup>(6)</sup> Keine mobilisierbaren Bäume und kein rutschgefährdetes Holz Ideale Anforderungen aufgrund des Standortstyps erfüllt

(1): Mit diesem Anforderungsprofil sind auch die Anforderungen bezüglich der hydrologischen Wirkung des Waldes abgedeckt.

(2): Schwachstellen sind Punkte oder Strecken im Gewässerverlauf, von denen eine Gefährdung ausgehen kann. Klassische Schwachstellen sind zu kleine Durchlässe, Engnisse, enge Kurven, Hindernisse oder Gefällsbrüche im Längensprofil.

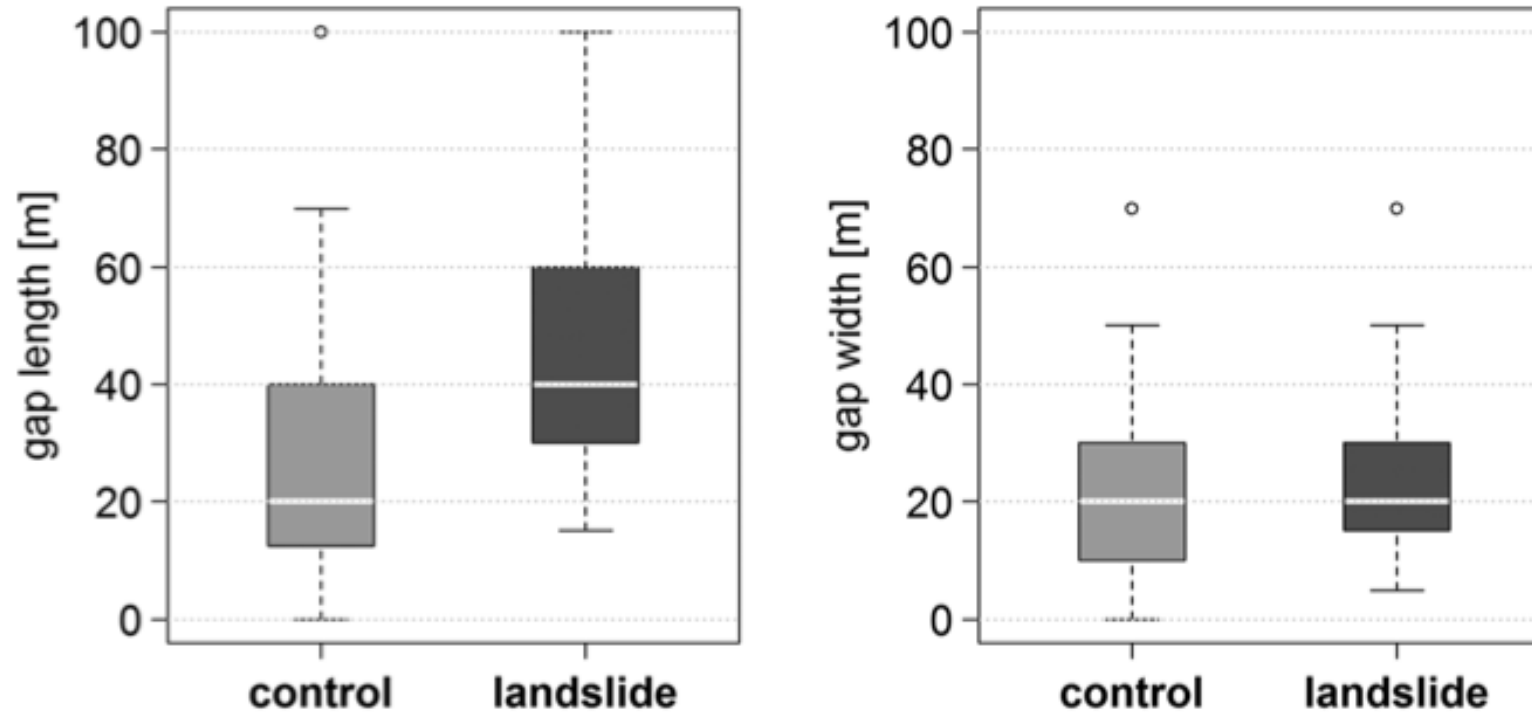
(3): Gilt, wenn im Gerinneeinhang die Naturgefahren Rutschungen und / oder Lawinen massgebend sind. Das Anforderungsprofil Steinschlag ist nur im Ausnahmefall zu berücksichtigen.

(4): Lücke von Kronenrand zu Kronenrand im Stangenholz und Baumholz (Schrägdistanz)

(5): Wenn aus verjüngungsökologischer Sicht notwendig, sind grössere Flächen zulässig; Lückenzahl in Falllinie max. 30 m (Schrägdistanz)

(6): Deckungsgrad im Stangen- und Baumholz inkl. Bestandeslücken.

# Das wird schon gemacht....

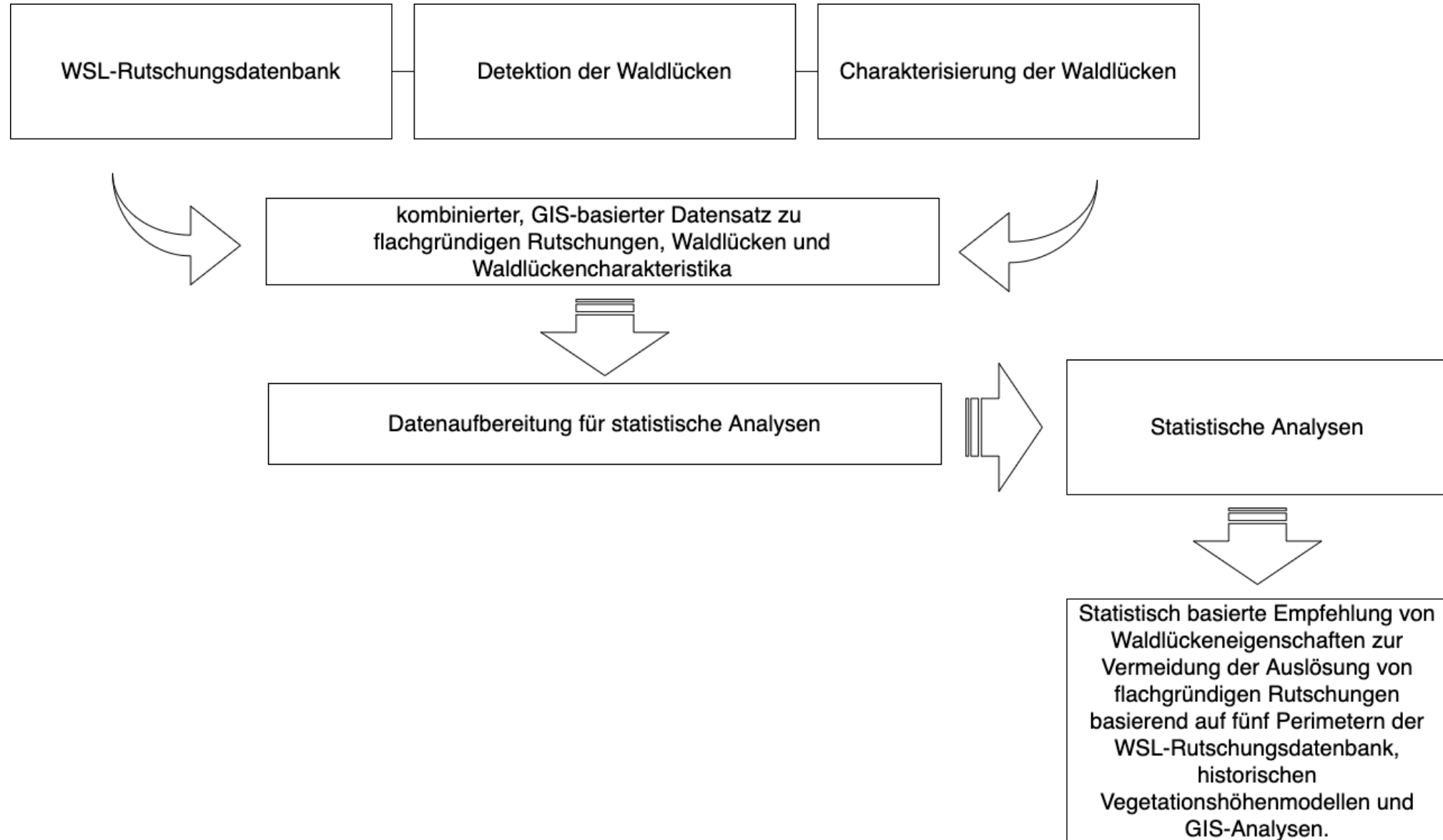


**Figure 4.** Distribution of lengths (left; significant) and widths (right; not significant) of the largest gaps in control and landslide plots.

# Was für das neue Anforderungsprofil noch fehlt...

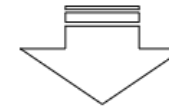
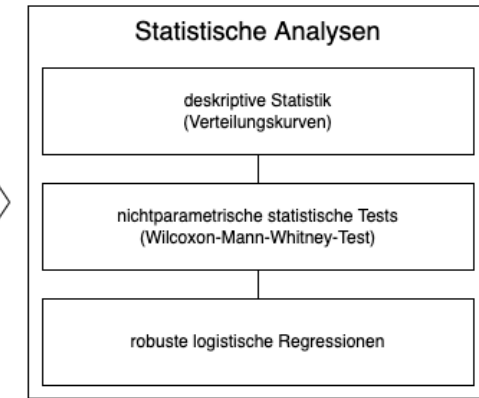
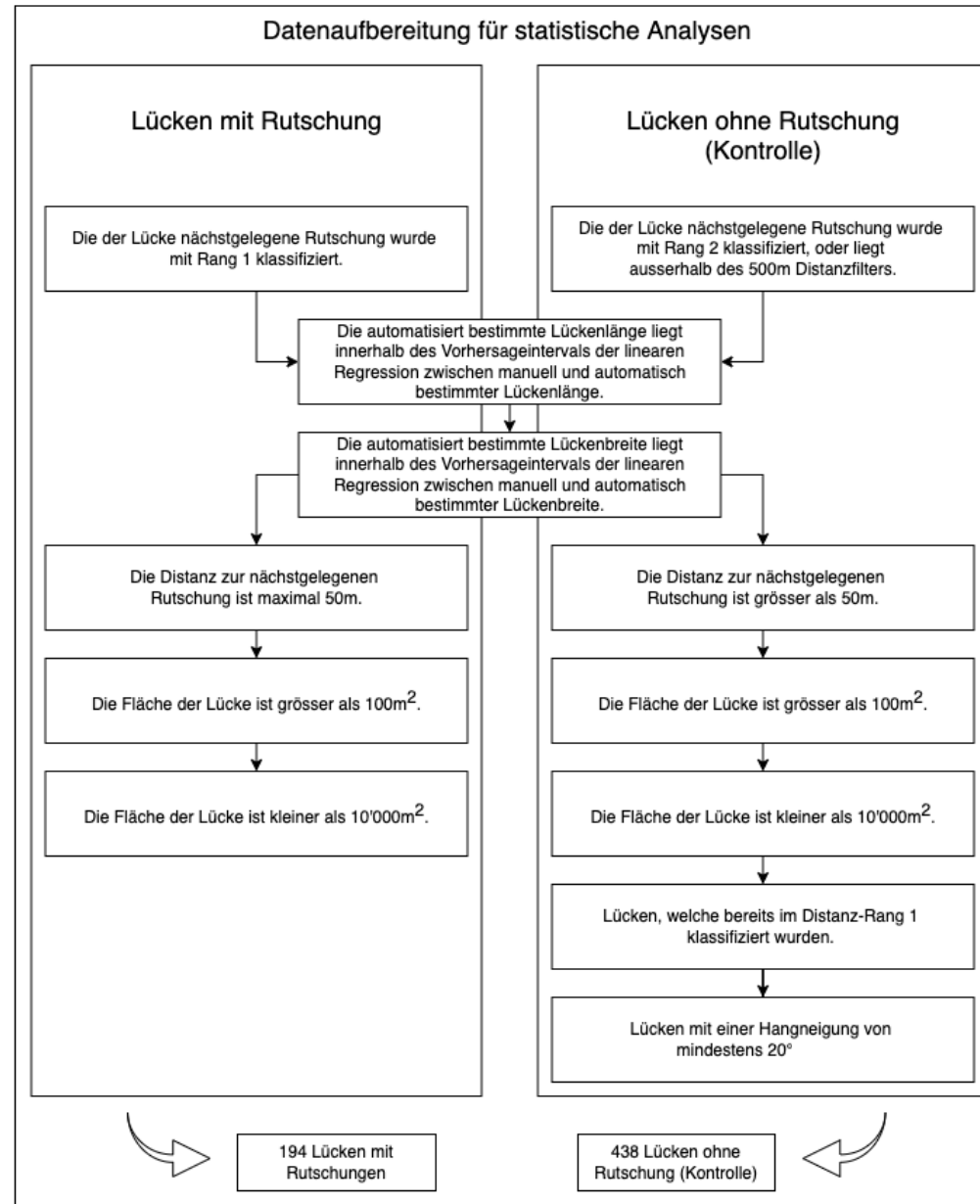
**Überprüfung der Gültigkeit der Grenzwerte sowie der generellen Lückengeometrie für weitere Untersuchungsgebiete.**

# Wie wir vorgegangen sind....



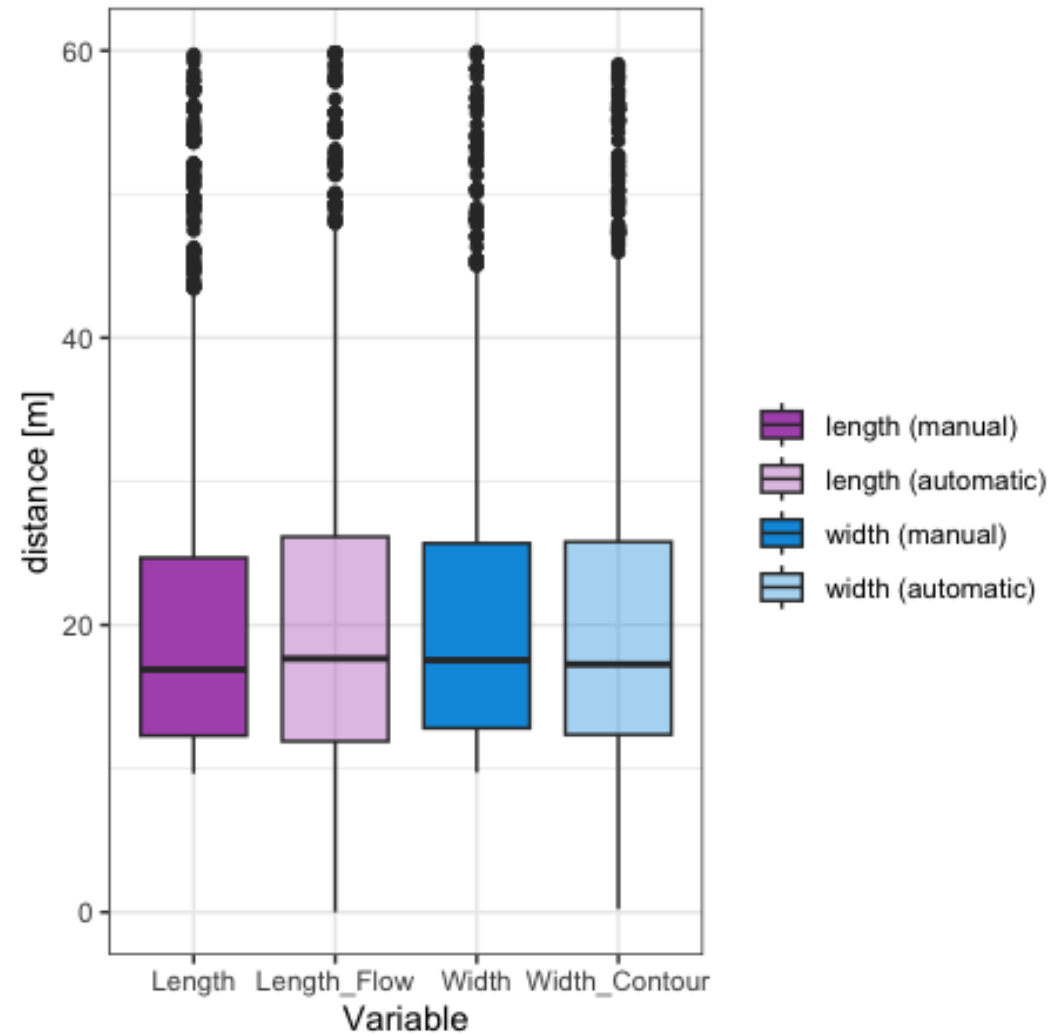
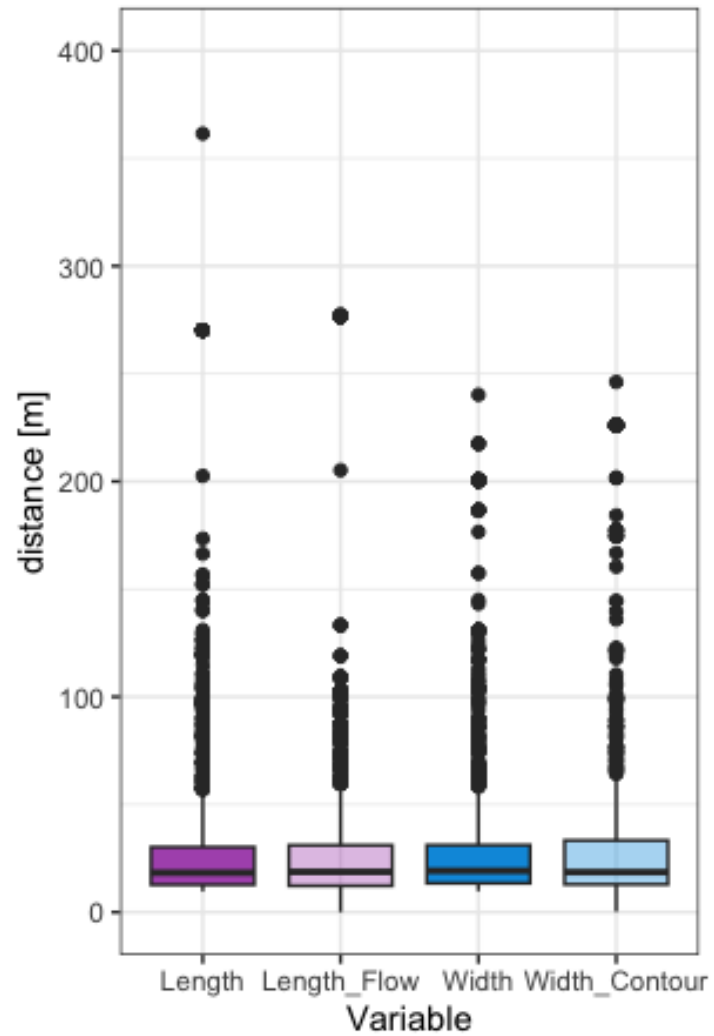
# Wie wir vorgegangen sind....

kombinierter, GIS-basierter Datensatz zu flachgründigen Rutschungen, Waldlücken und Waldlückencharakteristika



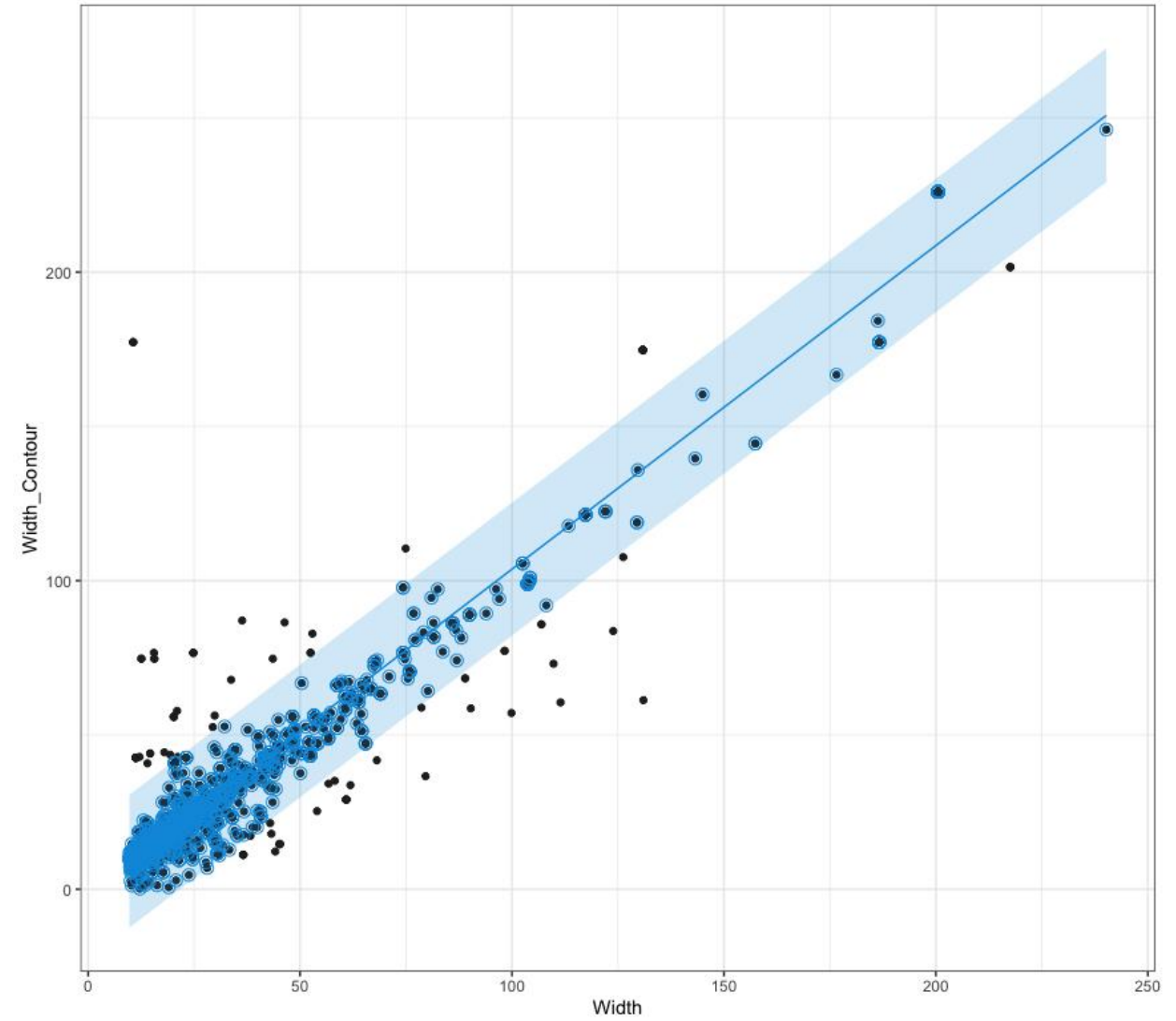
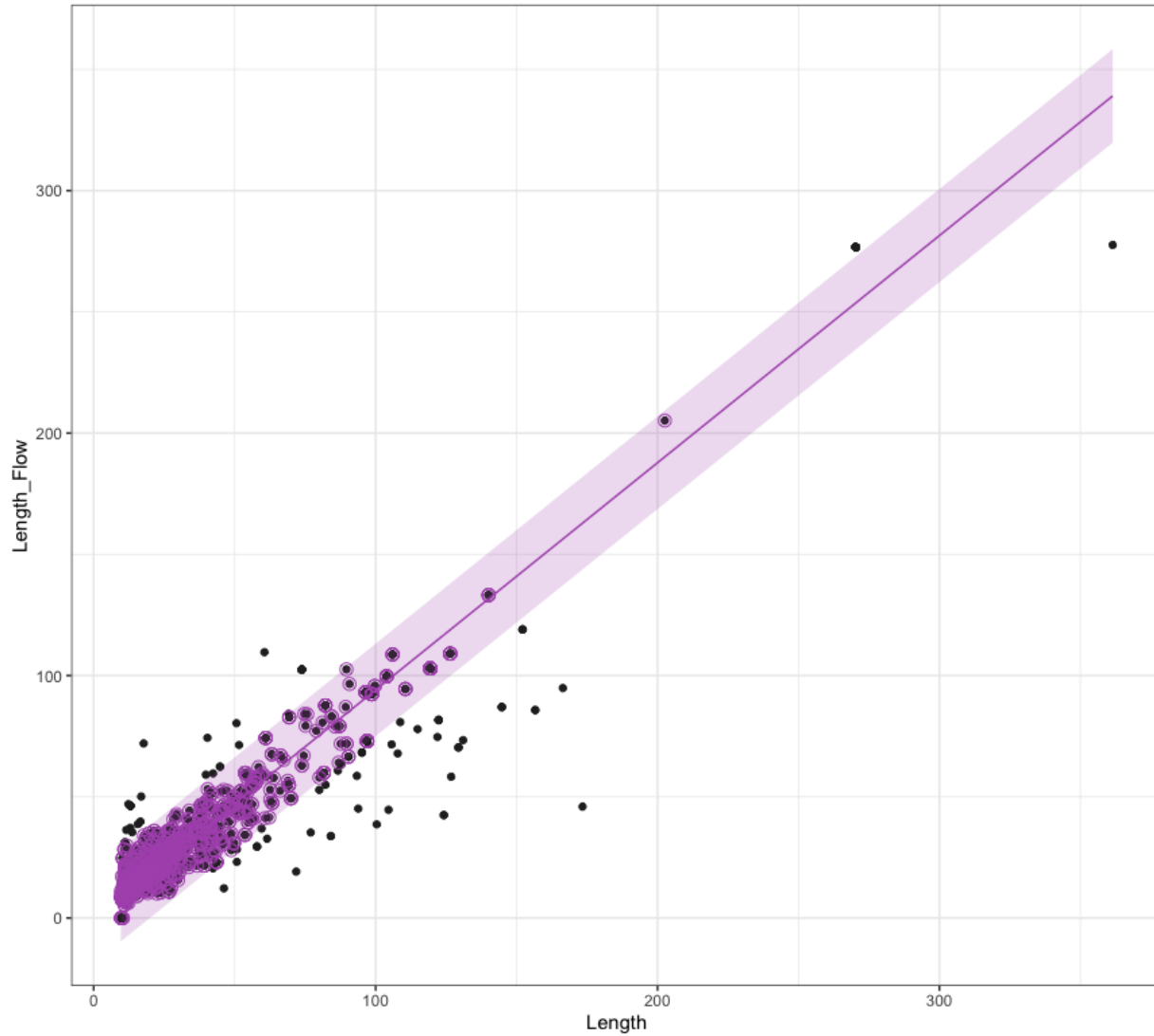
Statistisch basierte Empfehlung von Waldlückeneigenschaften zur Vermeidung der Auslösung von flachgründigen Rutschungen basierend auf fünf Parametern der WSL-Rutschungsdatenbank, historischen Vegetationshöhenmodellen und GIS-Analysen.

# Manuell und digital “vermessene” Lückenlänge / -breite





# Manuell und digital “vermessene” Lückenlänge / -breite

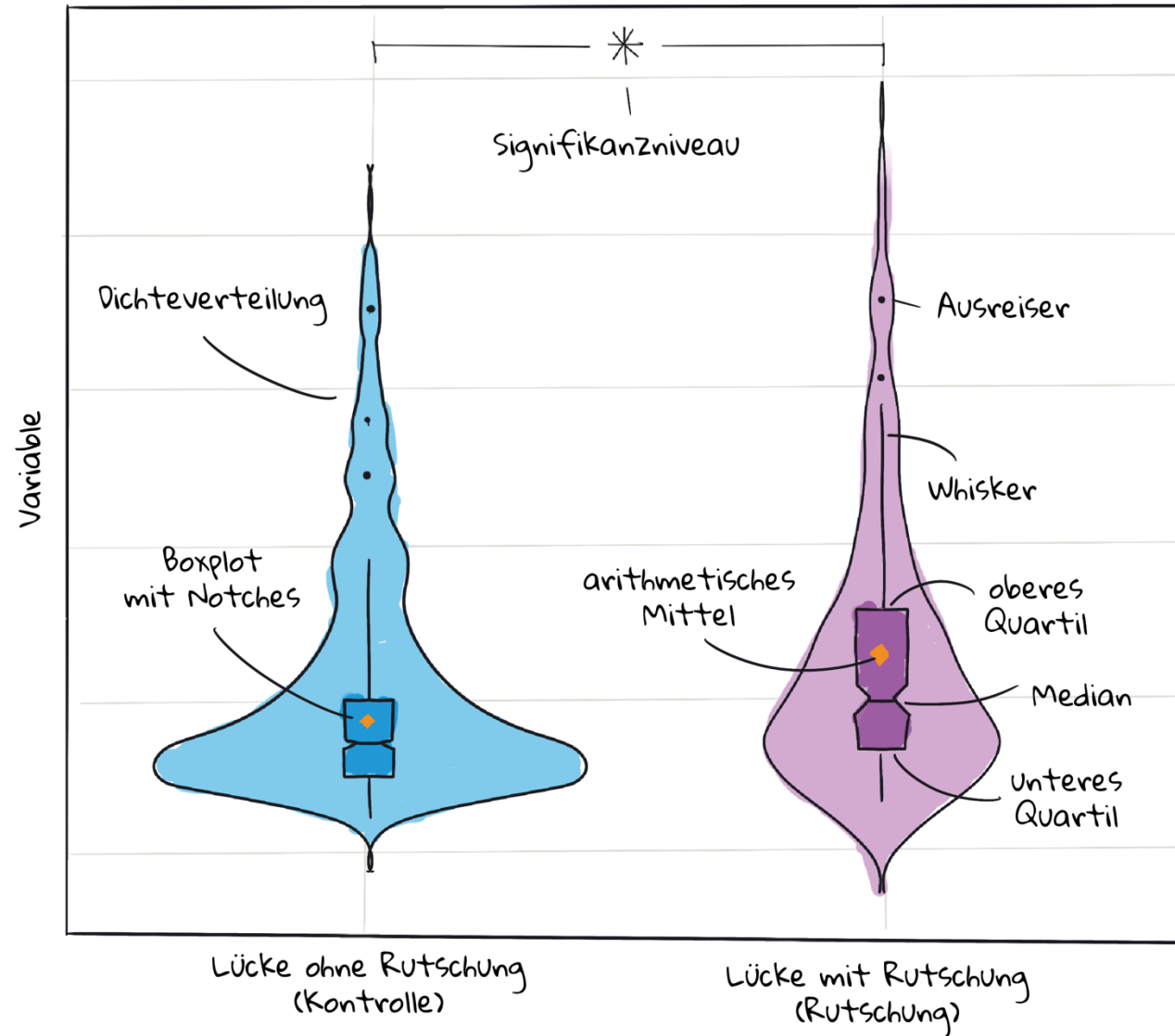


# Definition der digital erfasseten Lückenlänge und -breite

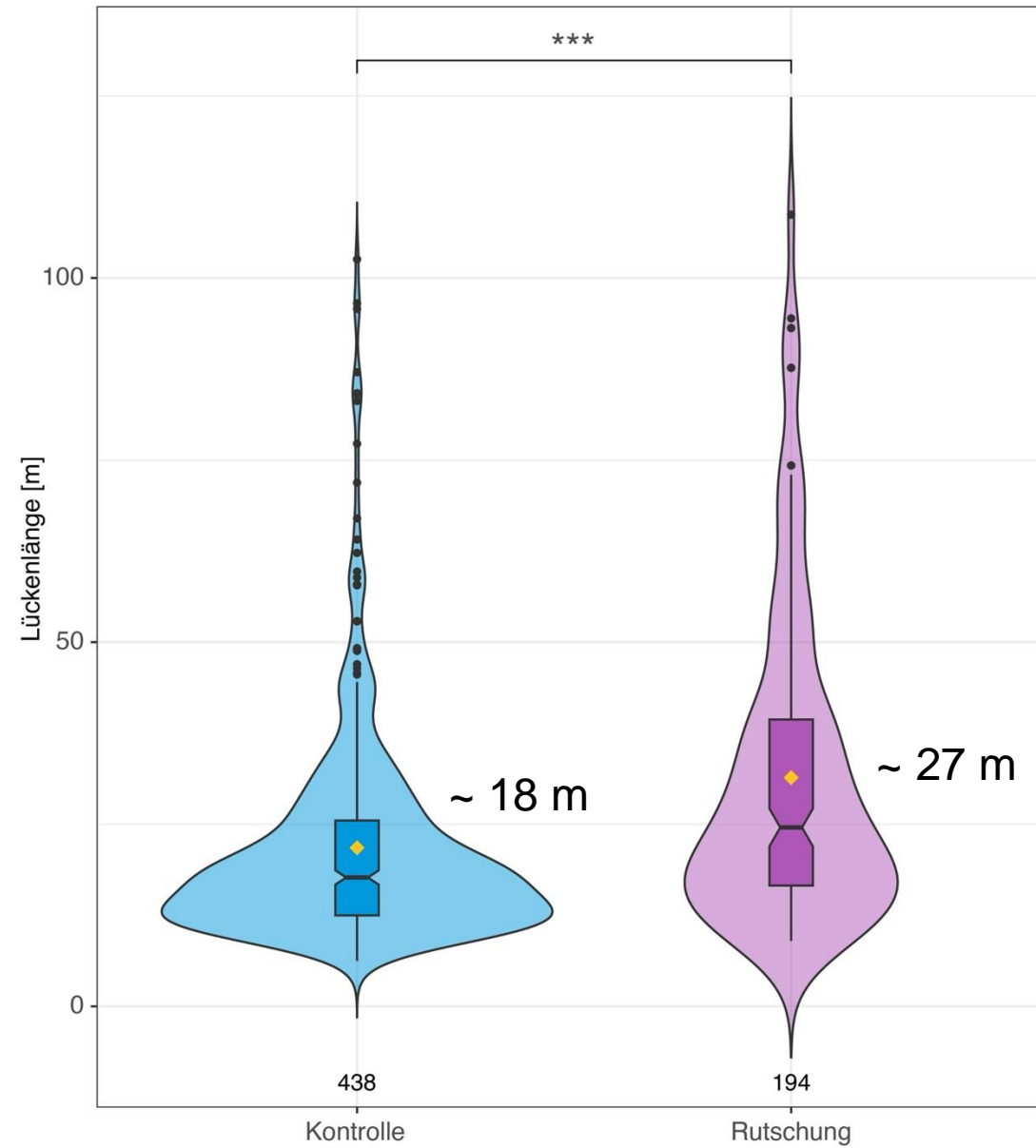
Für die Berechnung der **Lückenlänge** wurde auf Basis des SwissAlti3D mit den Funktionen “FlowDirection” und “FlowLength” die **längste Fließstrecke** innerhalb jeder Lücke berechnet. Diese Länge wird als **Näherung für die Lückenlänge in Falllinie** verwendet.

Zur Berechnung der maximalen **Lückenbreite** wurden innerhalb jeder Lücke Höhenschichtlinien mit einem Abstand von 5 m auf der Basis des SwissAlti3D berechnet. Für jede Lücke wird die **längste Höhenschichtlinie als Annäherung für die maximale Lückenbreite** verwendet.

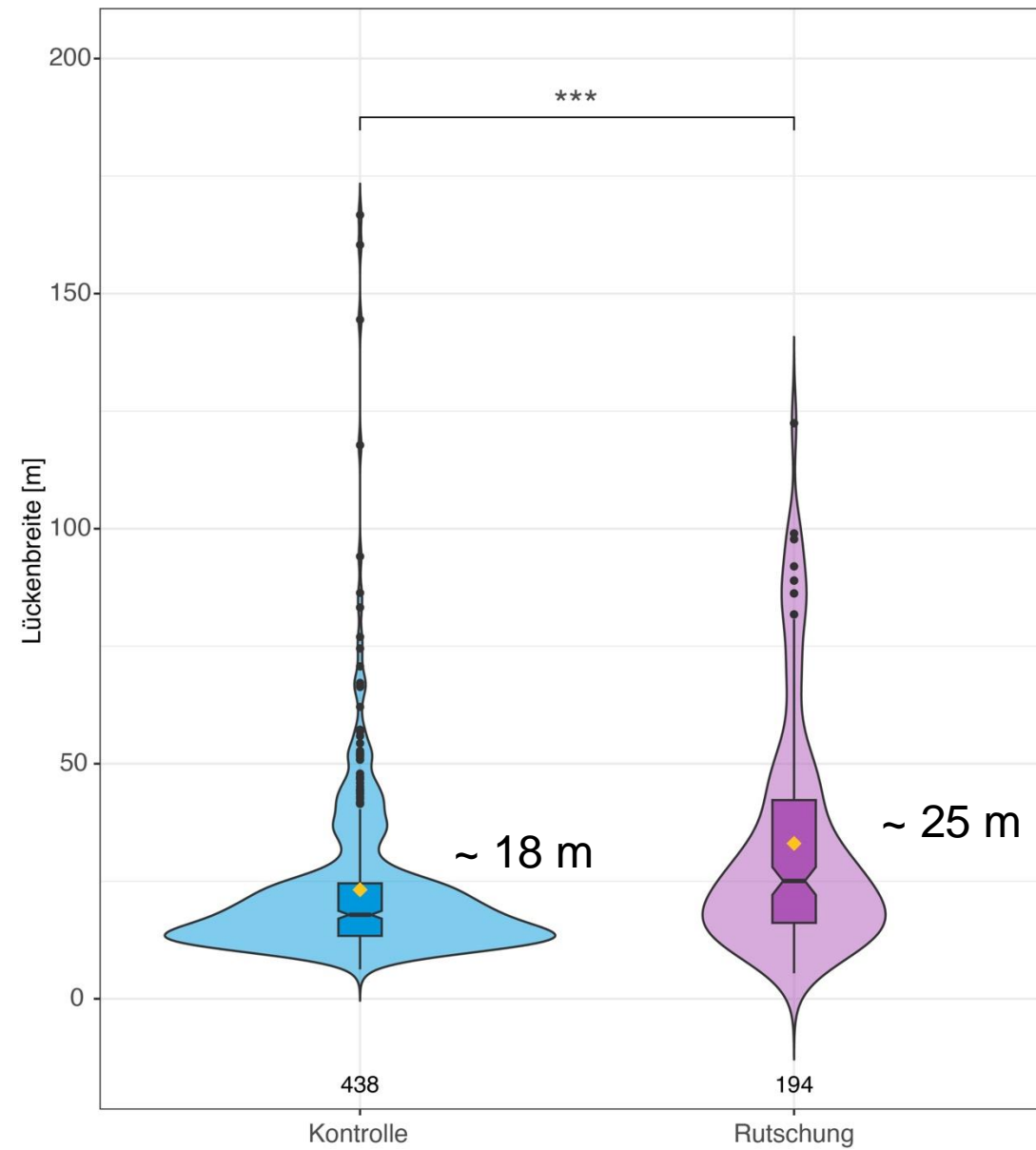
# Was ist das? – Violinenplots



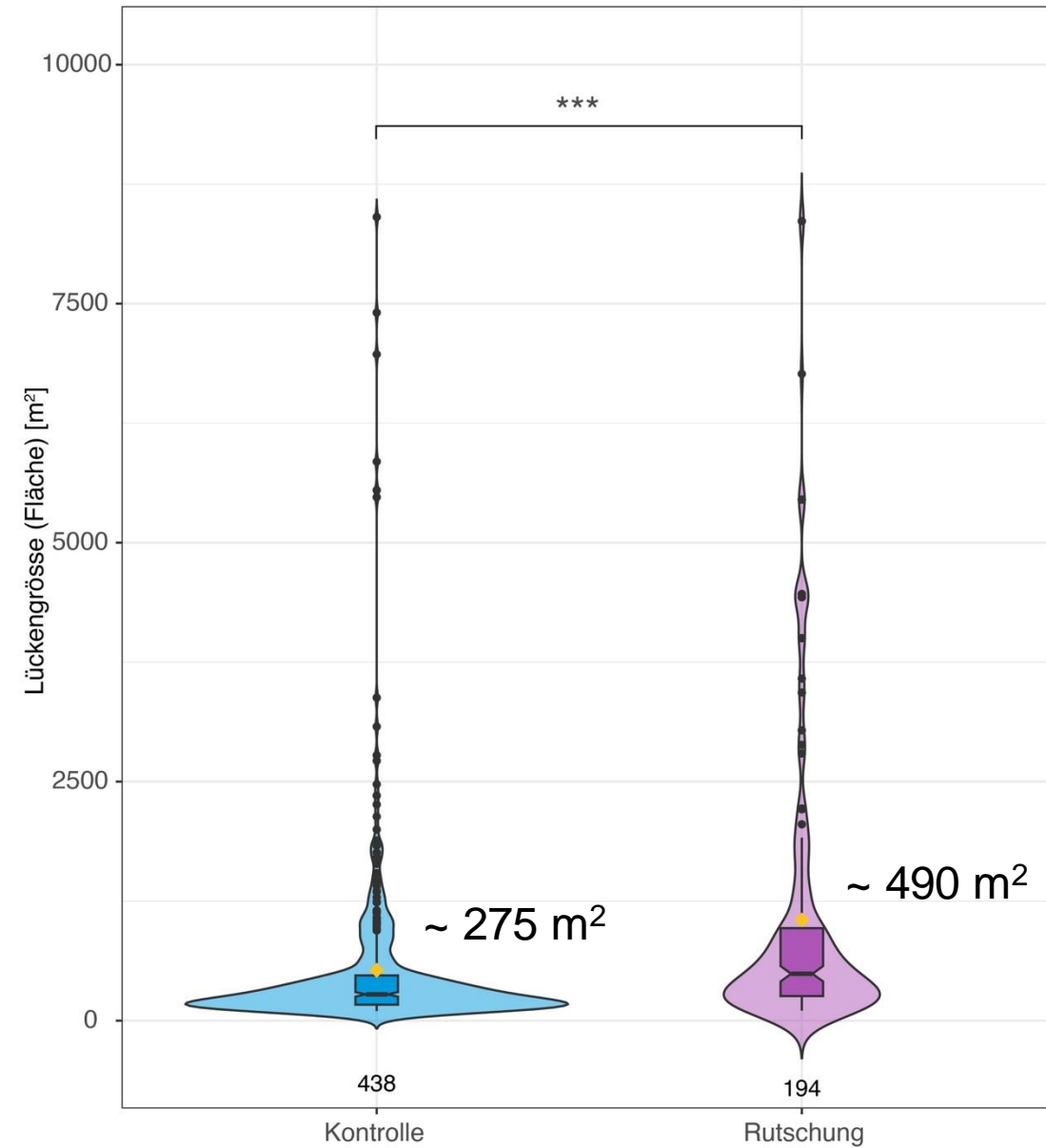
# Lückenzlänge



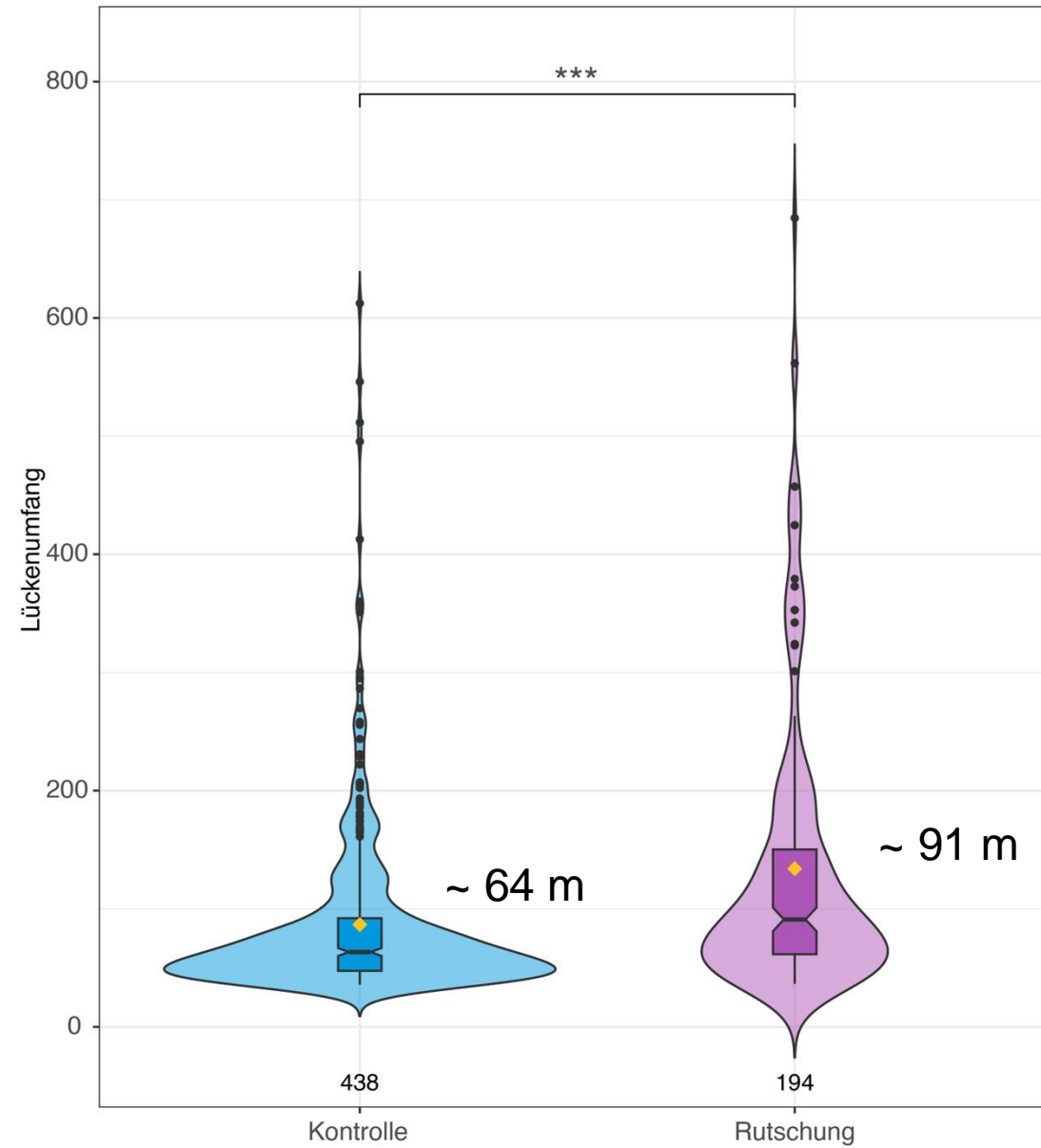
# Lückenbreite



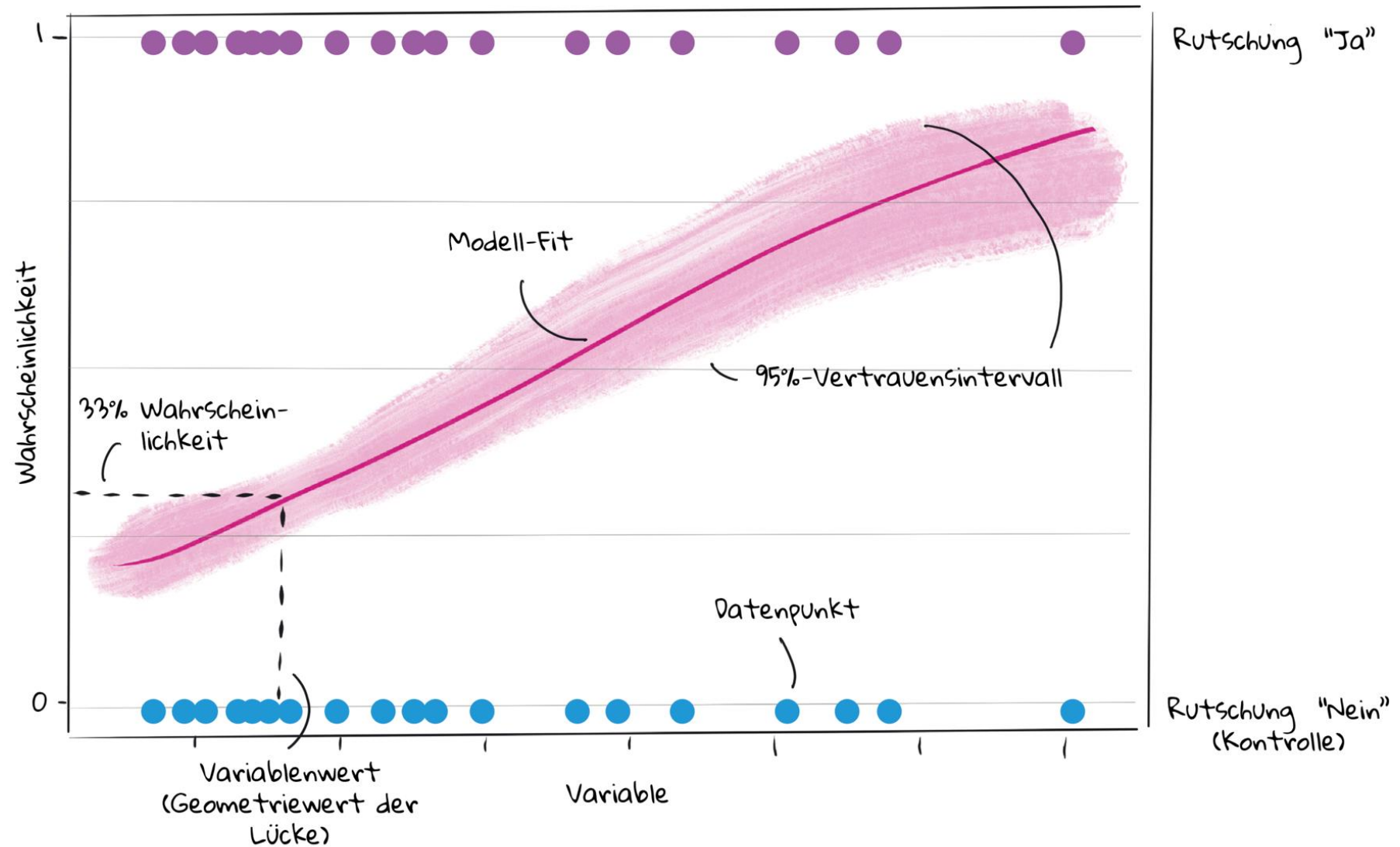
# Lückengrösse (Fläche)



# Lückenumfang

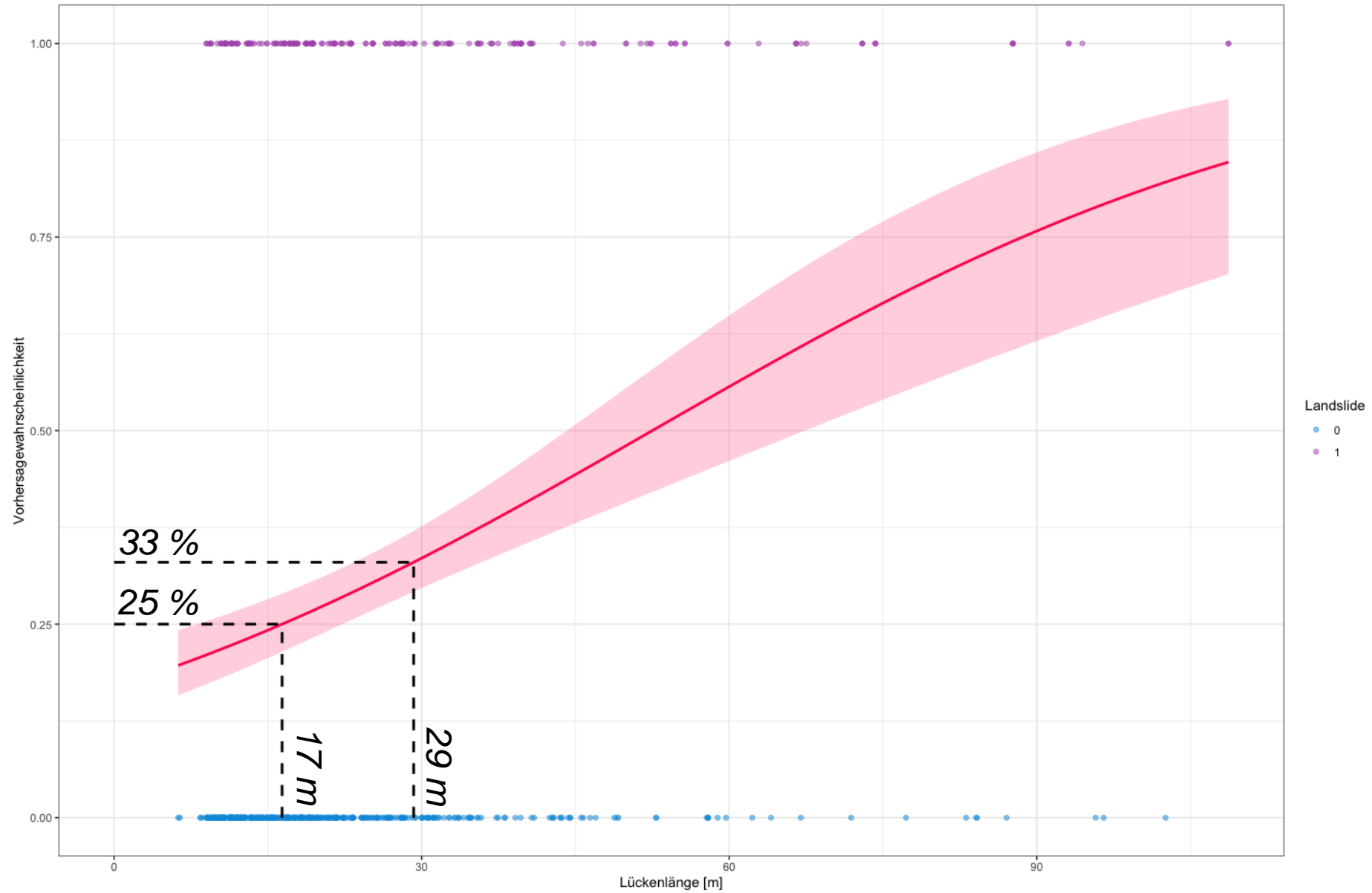


# Was ist das? – Logistische Regression

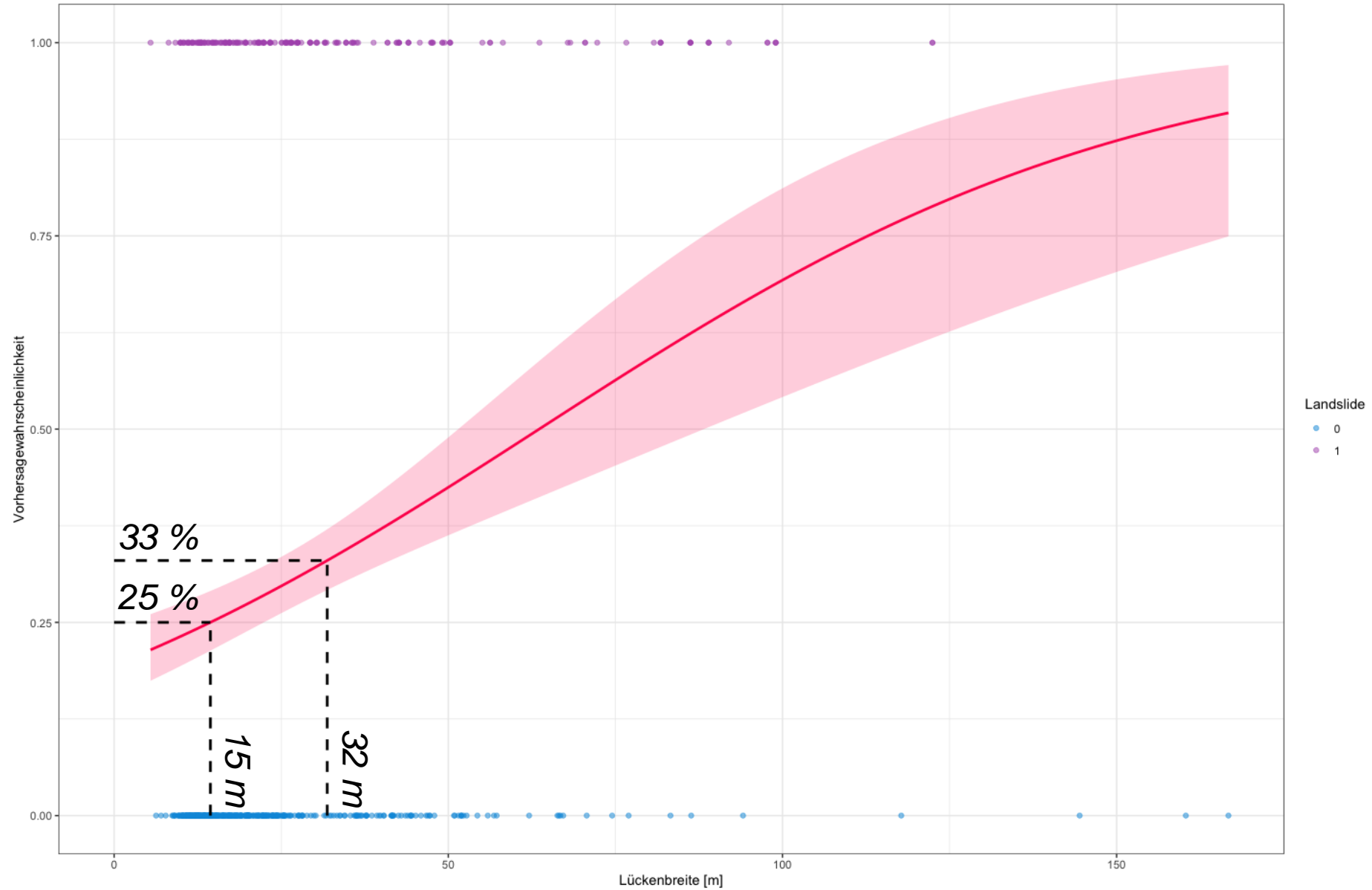




# Lückenlänge



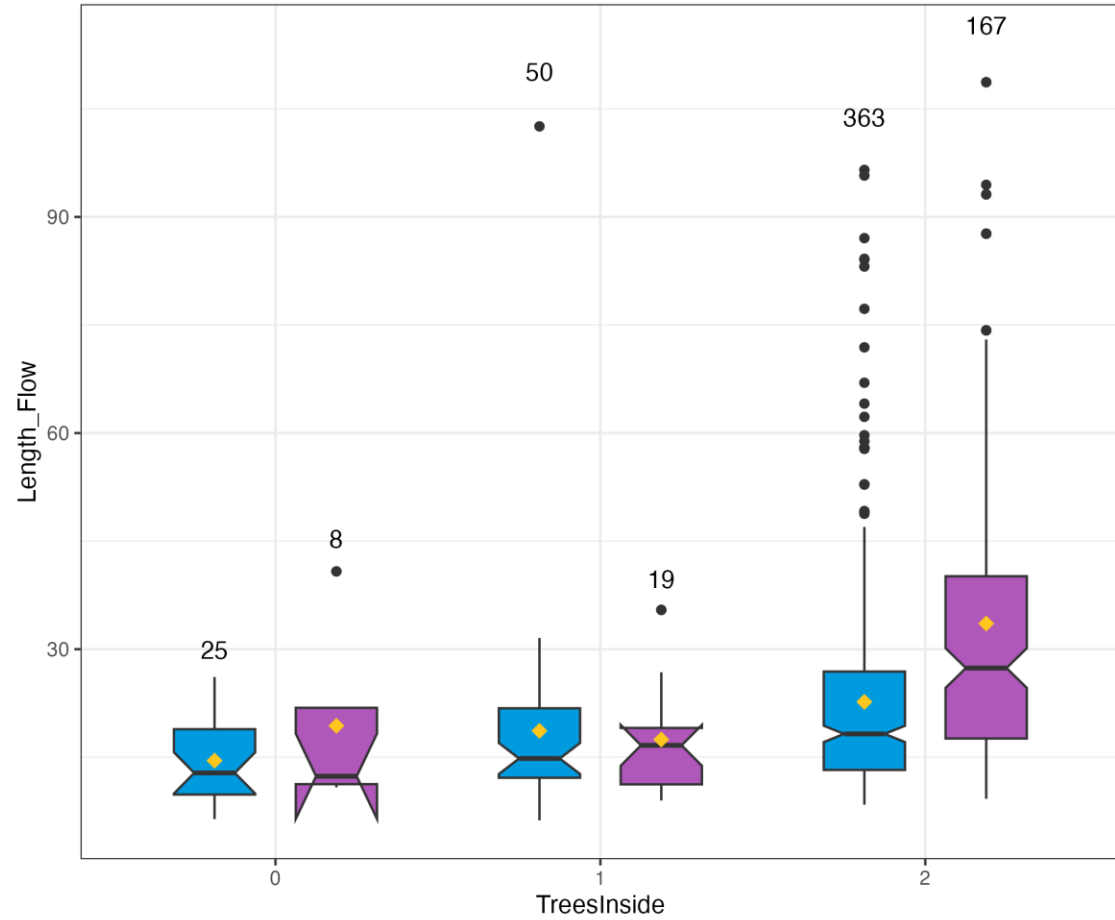
# Lückenbreite



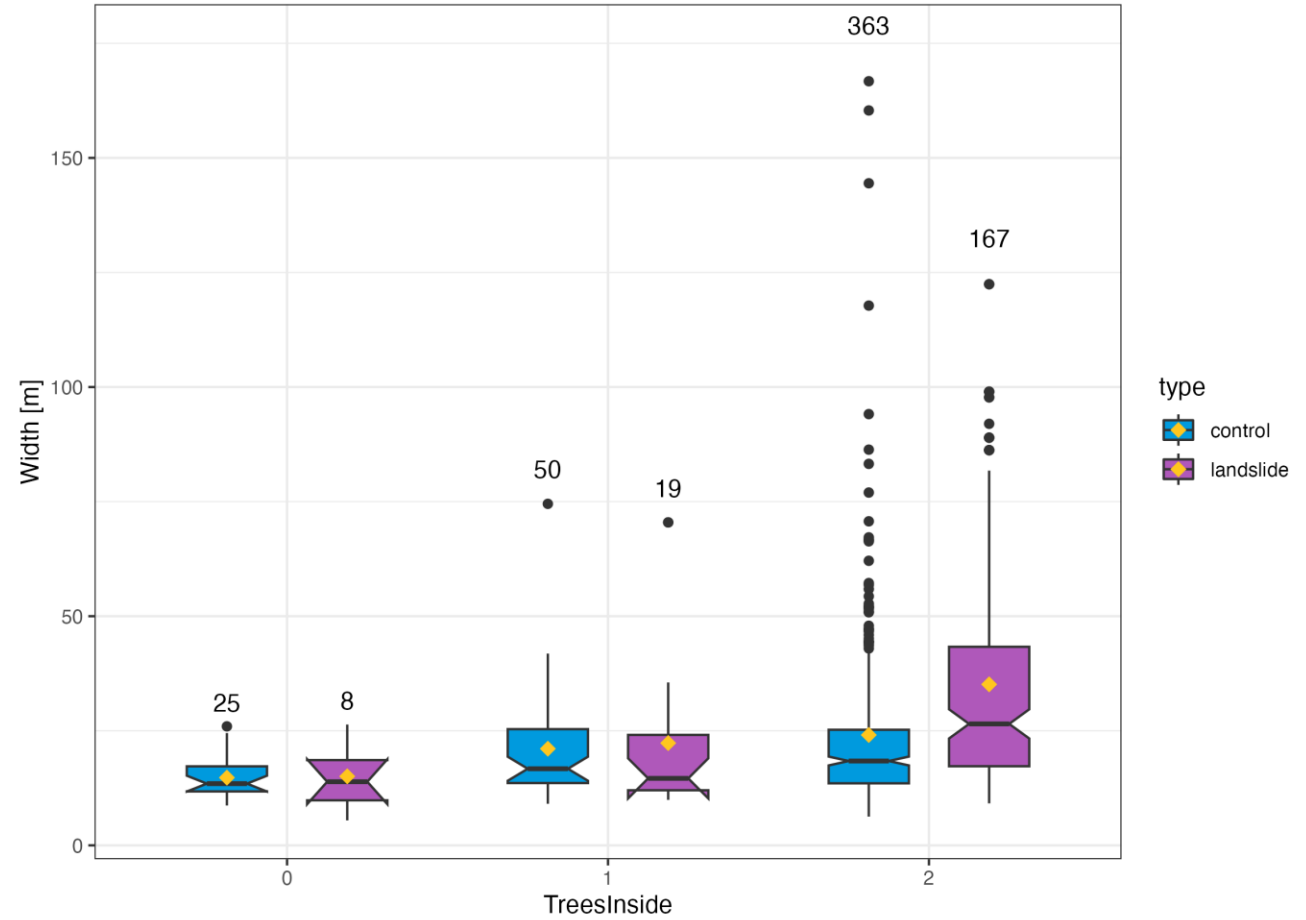
Weitere Einflüsse – doch zu wenig Daten?

# Bäume / Baumgruppen (kein Baum | 1 – 3 Bäume | > 3 Bäume)

Boxplot of Length\_Flow grouped by TreesInside and type

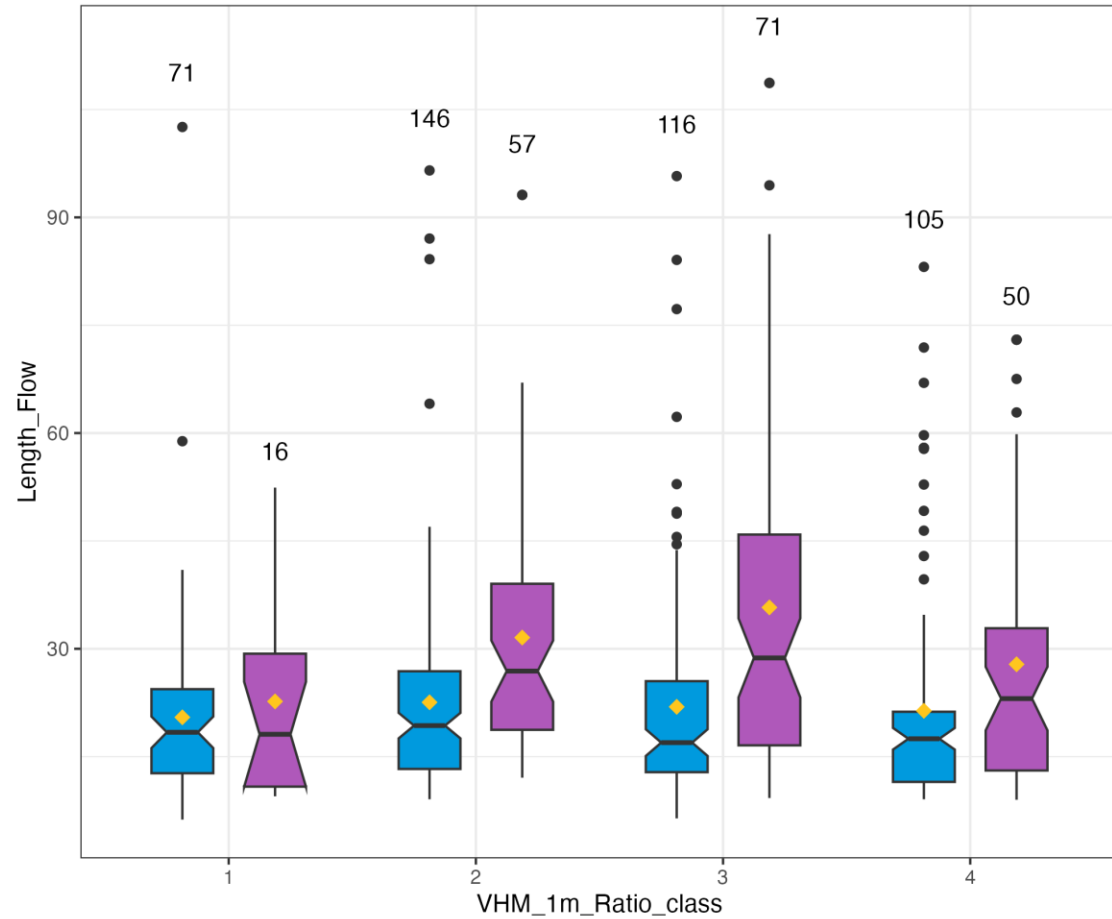


Boxplot of Width grouped by TreesInside and type

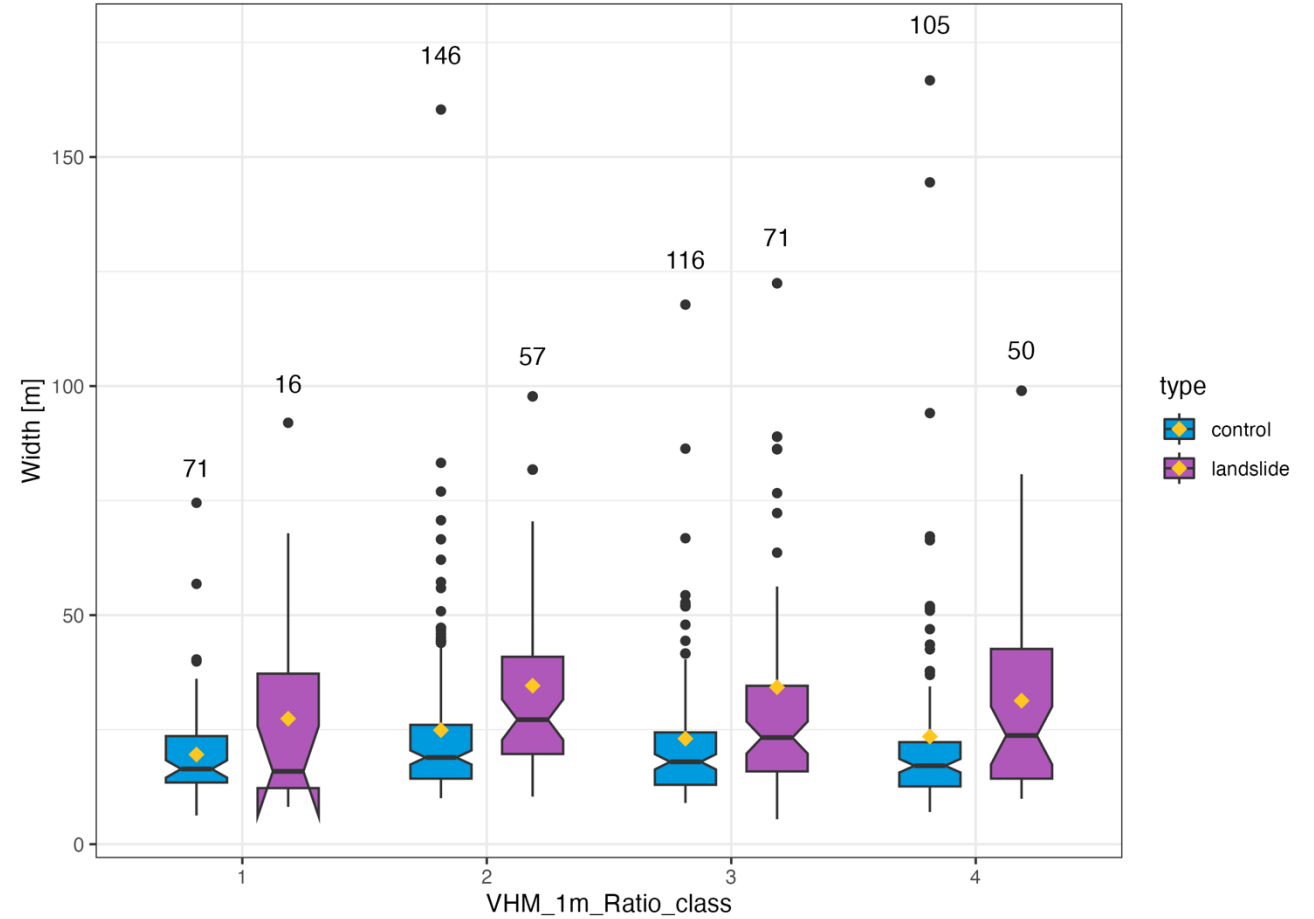


# Anteil der Vegetation über 1m (< 20% | 20 – 40% | 40 – 60% | > 60%)

Boxplot of Length\_Flow grouped by VHM\_1m\_Ratio\_class and type

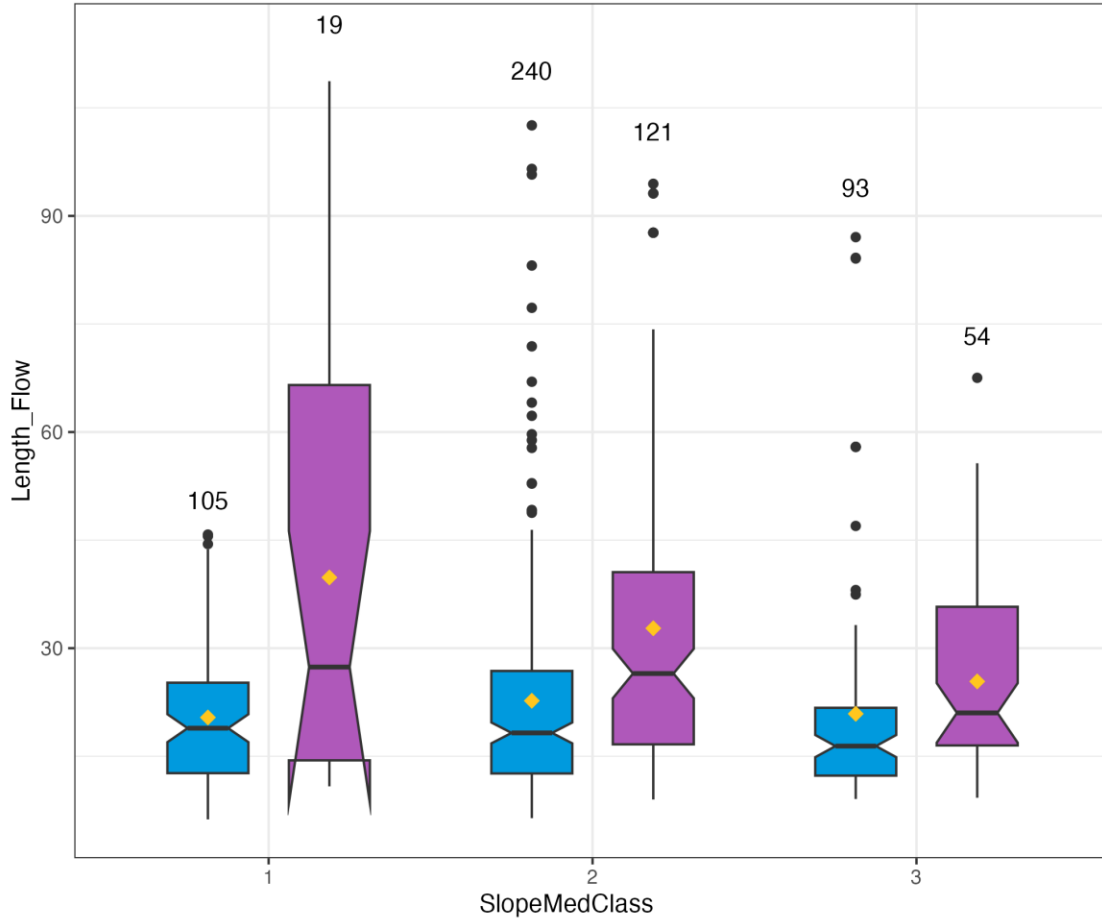


Boxplot of Width grouped by VHM\_1m\_Ratio\_class and type

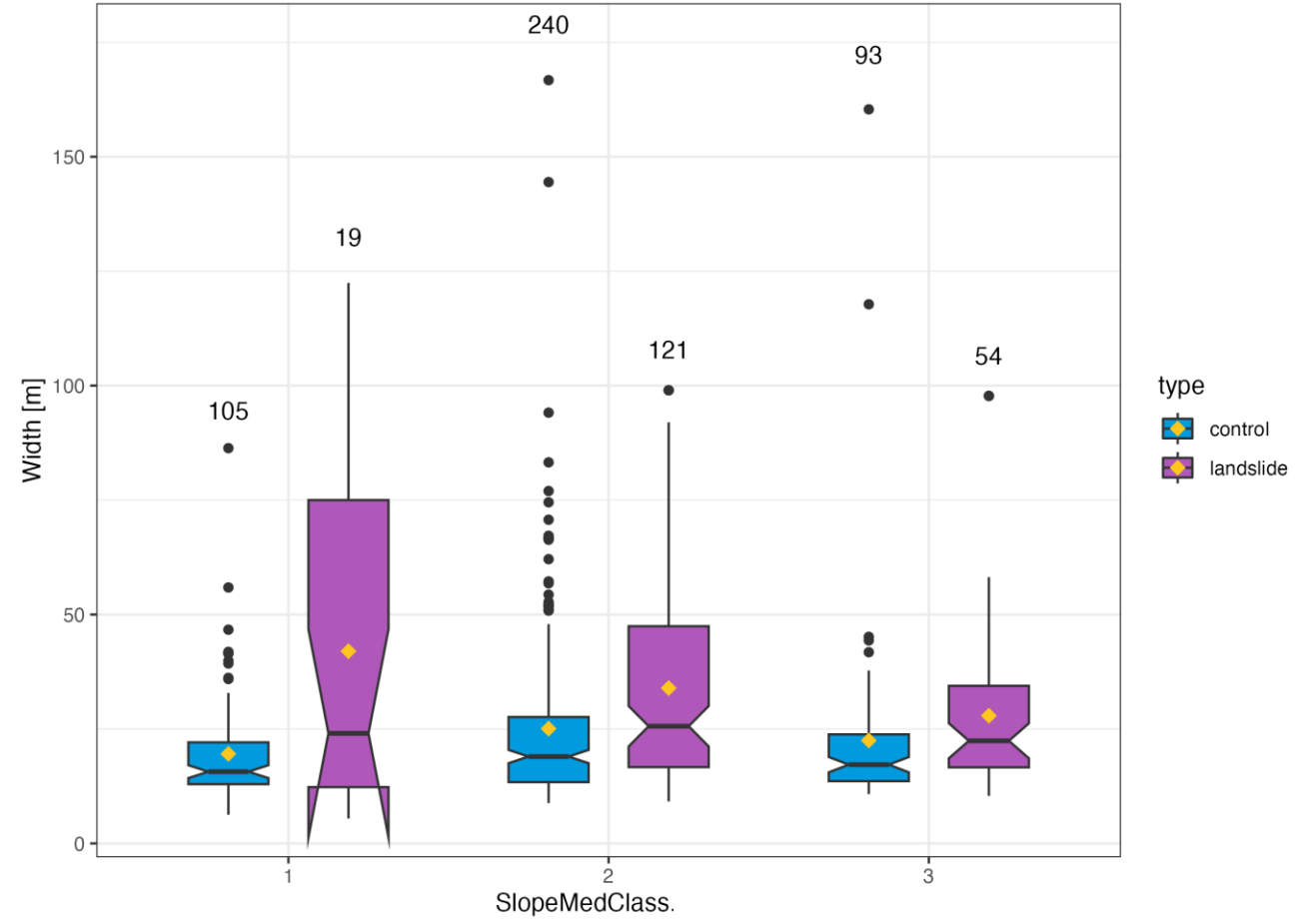


# Hangneigung (< 30° | 30 – 40° | > 40°)

Boxplot of Length\_Flow grouped by SlopeMedClass

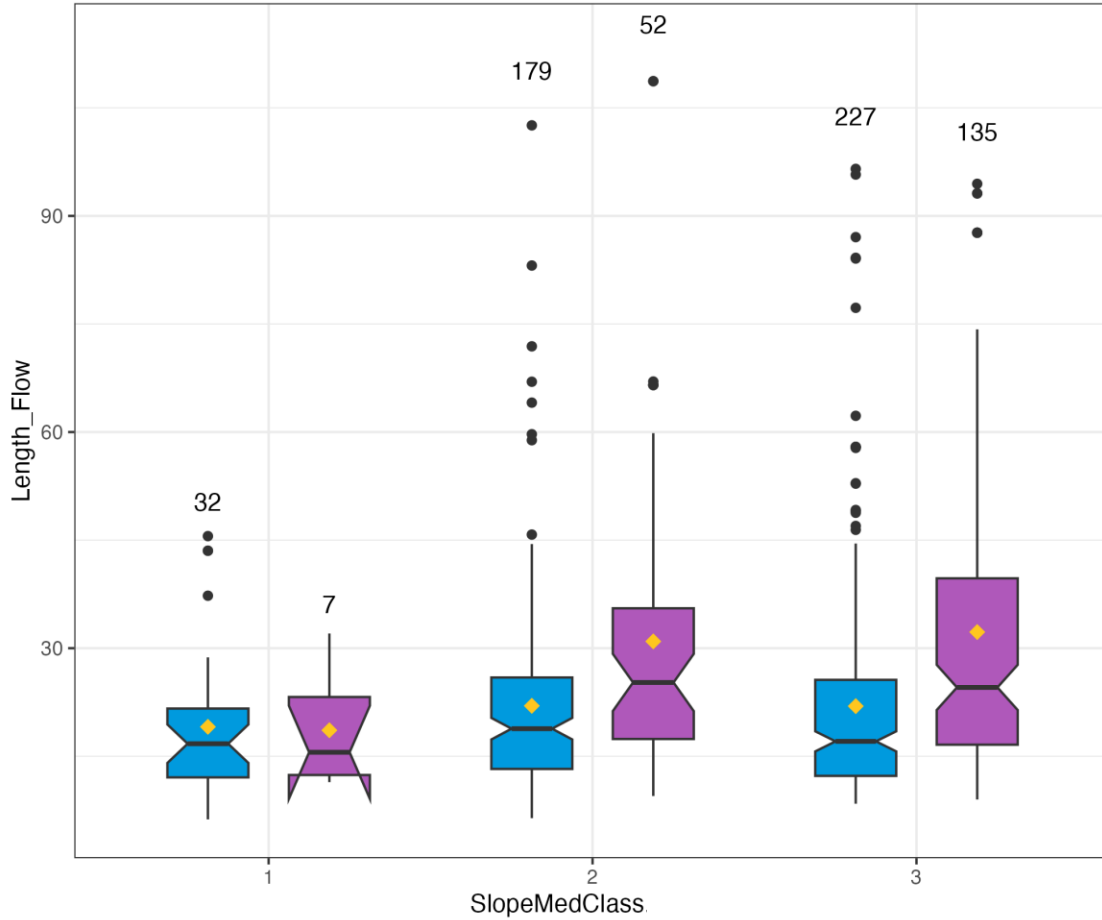


Boxplot of Width grouped by SlopeMedClass

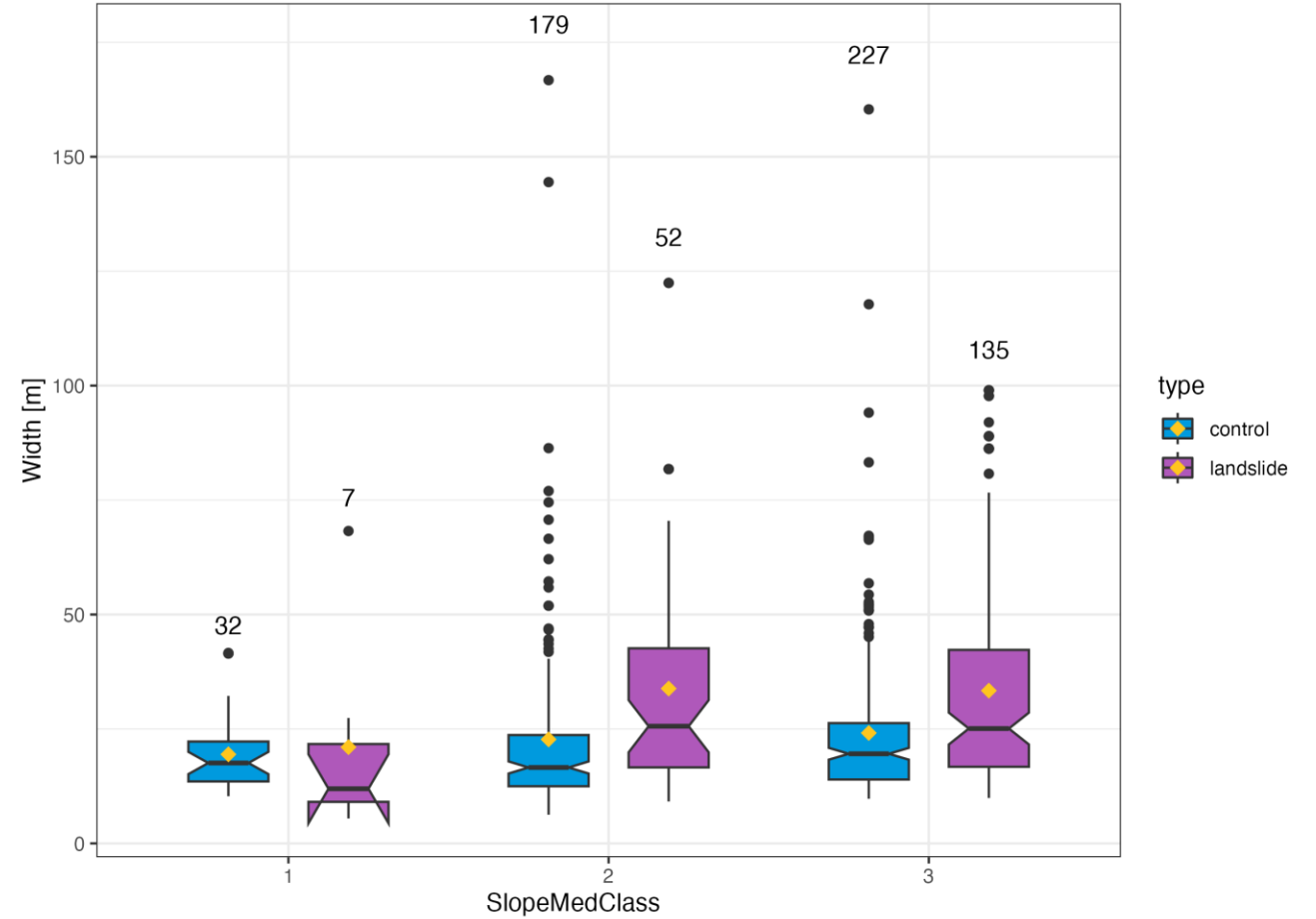


# Hangneigung (< 25° | 25 – 35° | > 35°)

Boxplot of Length\_Flow grouped by SlopeMedClass

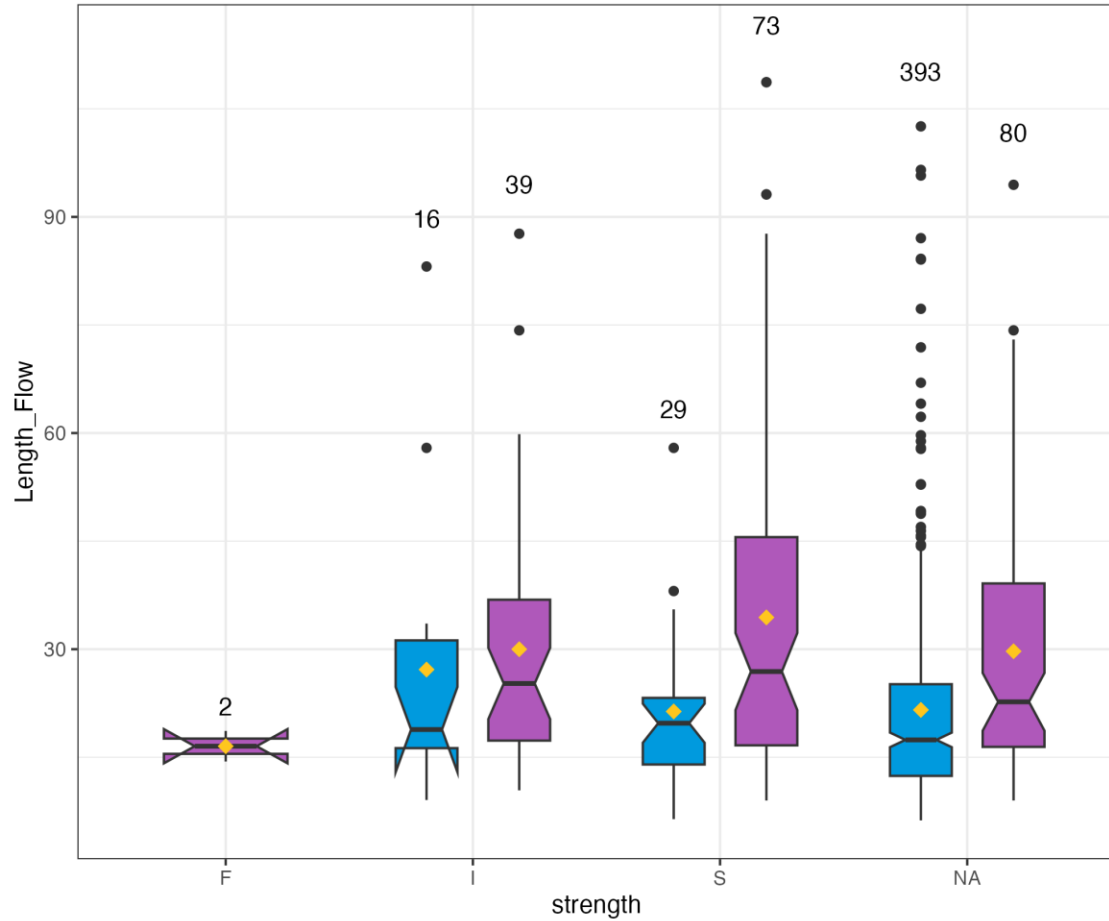


Boxplot of Width grouped by SlopeMedClass

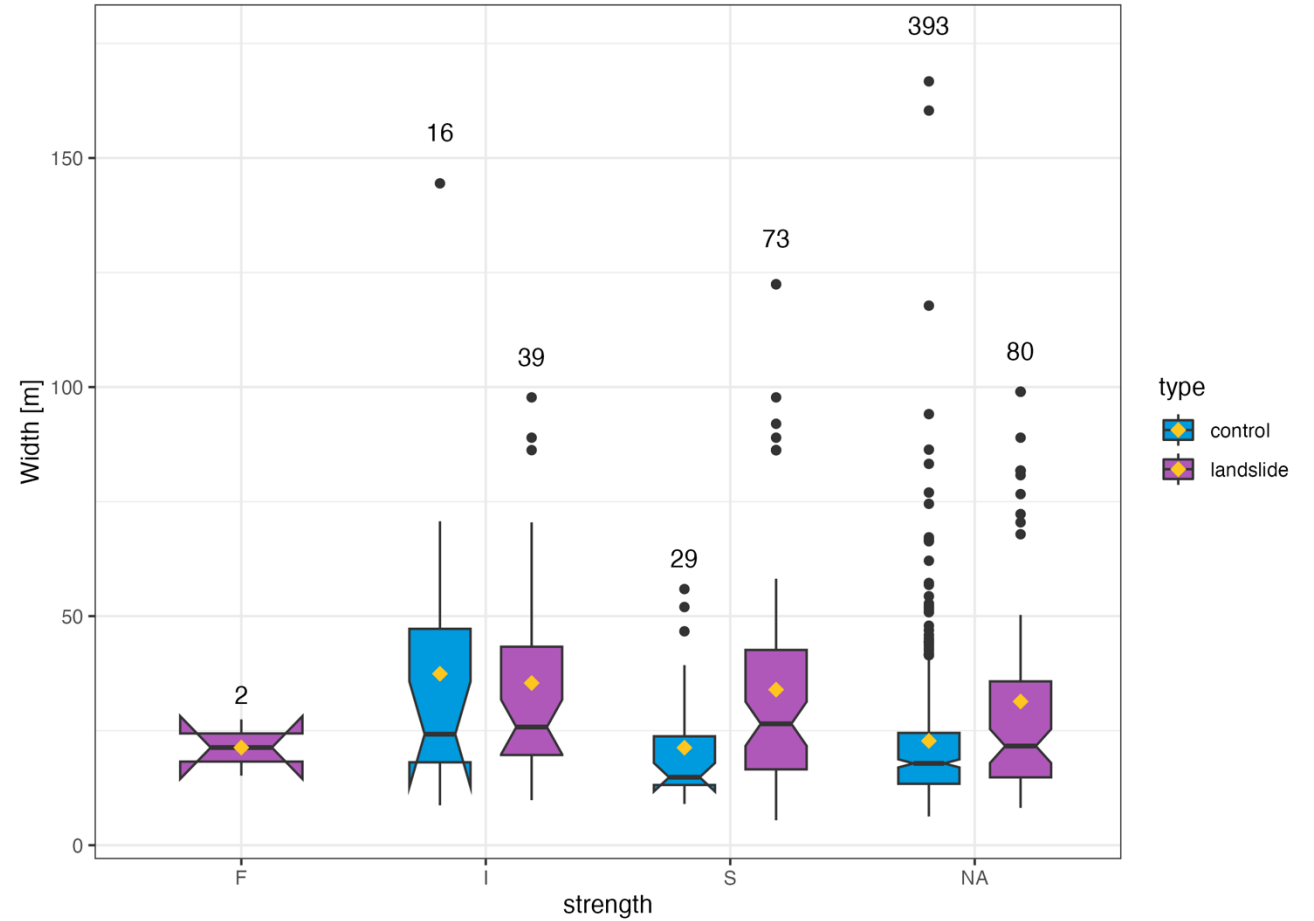


# Geotechnischer Bodentyp (Saugspannung vs. Reibung)

Boxplot of Length\_Flow grouped by strength and type



Boxplot of Width grouped by strength and type





# Schlussfolgerungen

# Schlussfolgerungen

- **Lückenlänge** und **Lückenbreite** sind relevant (Länge: ~ 15m; Breite: ~ 15m).
- **Logistische Regression** erlaubt eine einfache Einschätzung zu Lückengeometrie und Rutschungswahrscheinlichkeit.
- **Vegetation in Lücken** hat einen Einfluss. Es liegen allerdings zu wenige Daten vor, um spezifische Lücken-Grenzwerte zu definieren.
- Über alle etwaigen **Hangneigungsklassen** können die gleichen (Lücken-) Grenzwerte verwendet werden (aber: insbesondere in den flacheren Gebieten zu wenige Stichproben von Lücken mit Rutschungen).
- Aussagen betreffend **geotechnischem Bodentyp** können aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs nicht getroffen werden.

Danke.

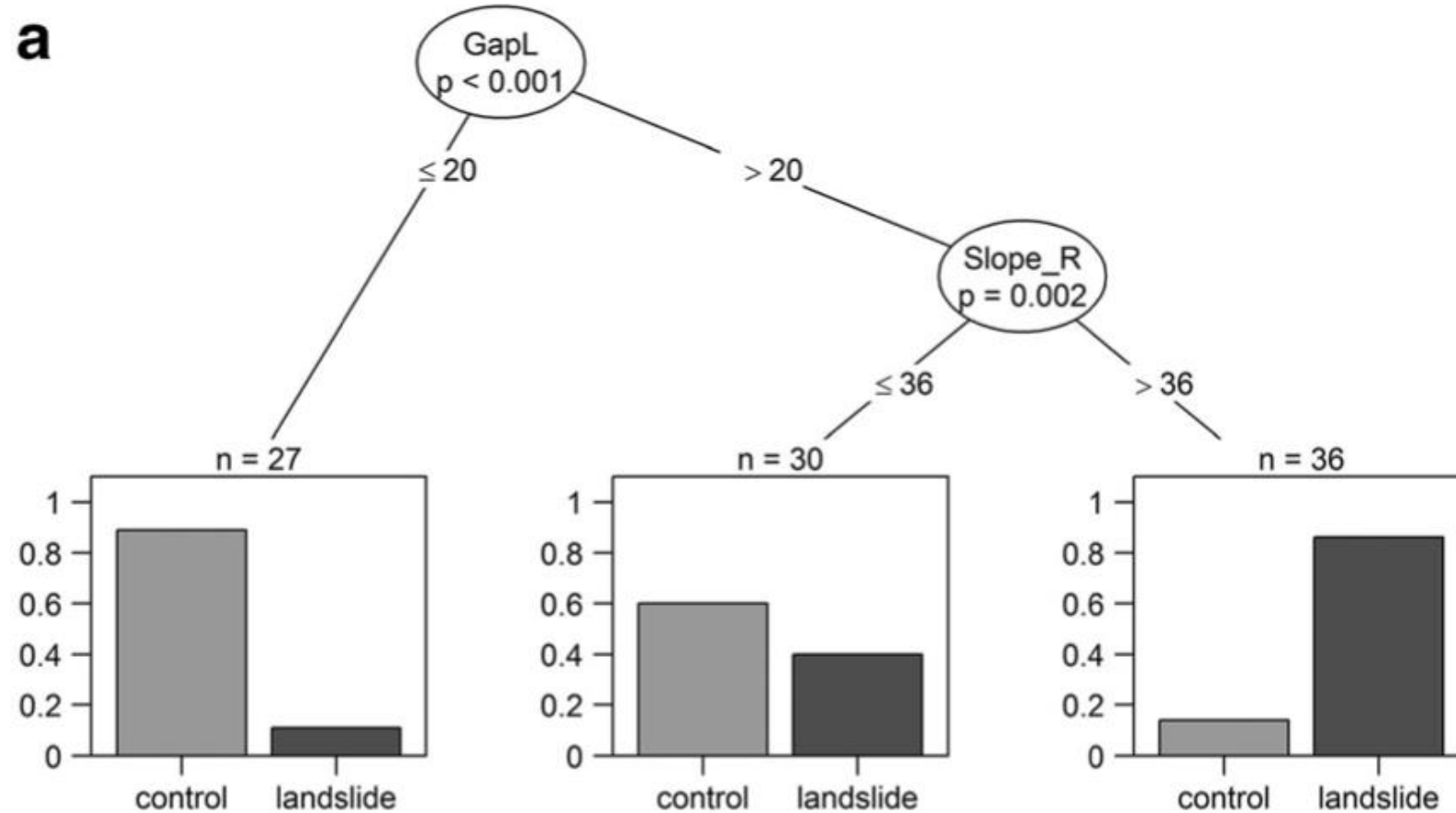
# Summary Stats Rutschung

```

> summary_stats_t
  X.1      X ID_def ID_neu ID_alt Ereignis_I Jahr VHM_MED VHM_MEAN VHM_perc75 VHM_STDEV VHM_MAX Rutsch_ID IN_FID NEAR_FID NEAR_DIST NEAR_RANK FROM_X FROM_Y NEAR_X NEAR_Y NEAR_ANGLE Gap_ID ForestEdge Length Width BUFF_DIST ORIG_FID Length_Flow Shape_Length Shape_Area
N      194.0 194.0 194.0 194.0 194.0        194.0 194.0 194.0      194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0      194 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0
NAs    0.0  0.0  0.0  0.0  0.0          0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
Mean  97.5 97.5 1484.1 396.1 396.9        387.0 2000.0  6.7  7.2  9.1  3.0 14.4 193.5 193.5 616.5 13.8  1 2675044.8 1197683.7 2675044.8 1197682.8    -4.5 616.5  0.6 32.3 33.3  5 610.9  31.4 133.9 1053.1
SD    56.1 56.1 817.5 179.4 179.7        196.1  3.5  7.9  7.6  8.7  2.4 10.2 103.2 103.2 305.9 15.1  0 47077.0 15541.1 47077.9 15541.4   93.2 305.9  0.5 23.1 24.5  0 302.1  21.5 116.8 1467.4
Median 97.5 97.5 947.5 414.5 415.5        411.0 1997.0  3.3  4.0  5.2  2.2 11.2 185.5 185.5 629.0  7.1  1 2661523.1 1189416.8 2661521.8 1189434.6    0.0 629.0  1.0 23.3 24.9  5 625.0  24.6  91.0 490.0
MAD   71.9 71.9 329.1 207.6 207.6        215.7  0.0  3.8  4.3  5.7  1.8 11.0 123.8 123.8 412.2 10.5  0 2526.7 1927.8 2507.8 1953.5   112.4 412.2  0.0 14.8 15.3  0 404.7  16.2  60.8 458.7
IQR   96.5 96.5 1814.5 277.5 277.5        332.0  8.0  8.2  8.4 13.0  3.0 17.0 172.5 172.5 546.0 23.0  0 20255.8 15271.1 20256.1 15280.1   149.3 546.0  1.0 24.7 24.8  0 539.0  22.8  88.7 710.5
Min   1.0  1.0  714.0  33.0  33.0          6.0 1997.0  0.0  0.0  0.0  0.1  0.7  4.0  4.0  1.0  0.0  1 2632560.0 1187650.0 2632560.0 1187646.7  -179.7 1.0  0.0 10.2 10.1  5 1.0  9.0  36.4 104.5
Max  194.0 194.0 2828.0 689.0 690.0        765.0 2005.0 31.1 30.4 32.2 10.3 39.8 362.0 362.0 1118.0 49.4  1 2780319.0 1254735.0 2780315.4 1254731.0   175.4 1118.0  1.0 110.6 122.1  5 1103.0 108.7 684.5 8363.0
Width_Contour ID Slope_Med Slope_Mean Slope_Max Slope_75perc Slope_sdev Elev_max Elev_min Elev_med Elev_mean VHM_1m_MEAN VHM_3m_MEAN VHM_1m_MED VHM_1m_SDEV VHM_1m_75perc VHM_1m_MAX VHM_3m_MED VHM_3m_SDEV VHM_3m_75perc VHM_1m_Number VHM_1m_Ratio VHM_3m_Number VHM_3m_Ratio fit_L_lwr_L
N      194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0 194.0
NAs    0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0
Mean  33.0 616.5 36.9 36.5 58.8 41.6 7.6 1261.4 1235.4 1248.4 1248.5 2.3 4.4 2.0 1.3 2.8 8.9 3.9 1.4 4.8 510.0 0.5 83.1 0.1 30.6 11.6
SD    24.6 305.9 5.7 5.6 8.2 5.8 2.4 269.5 270.9 270.0 269.9 0.8 1.4 0.5 1.3 6.5 1.1 1.5 2.0 784.3 0.2 154.2 0.1 21.7 21.7
Median 25.1 629.0 37.8 37.2 59.1 42.3 7.4 1225.4 1190.1 1213.2 1213.1 2.1 3.9 1.9 1.0 2.6 6.6 3.6 0.8 4.1 194.0 0.5 31.5 0.1 22.2 3.2
MAD   15.5 412.2 4.6 5.0 7.6 5.1 1.9 220.6 208.9 217.1 216.9 0.3 0.5 0.2 0.4 3.0 0.4 0.6 0.7 179.4 0.2 36.3 0.0 13.9 13.9
IQR   26.1 546.0 6.1 6.6 10.0 6.6 2.6 313.1 303.6 311.0 310.7 0.4 1.2 0.3 0.7 0.5 5.1 0.5 1.2 366.5 0.3 58.0 0.1 23.2 23.2
Min   5.4 1.0 11.5 11.6 20.2 12.6 2.0 734.0 722.9 728.6 728.5 1.6 3.0 1.4 0.5 1.8 3.0 3.0 0.0 3.0 3.0 0.0 1.0 0.0 9.9 -9.1
Max  122.4 1118.0 48.1 47.7 77.1 53.7 21.0 1962.1 1955.7 1959.3 1959.0 8.7 11.9 5.8 7.4 13.8 33.6 11.0 7.9 16.0 3932.0 1.0 1099.0 0.3 104.0 84.9
upr_L_fit_W_lwr_W_upr_W x.coordinate y.coordinate masl length width depth_max area_release vol incl_in veg_type TWI_MFDmd_Mean_2020 TWI_MFDmd_Max_2020 TWI_MFDmd_weightSNS_Mean_2020 TWI_MFDmd_weightSNS_Max_2020 water pores friction delta.#.alpha cohesion perm fine clay liquid_lim
N      194.0 194.0 194.0 194.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0
NAs    0.0  0.0  0.0  0.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0
Mean  49.7 33.7 12.2 55.2 2674513.3 1197360.5 1231.8 22.5 14.1 1.1 233.6 185.8 37.5 1 4.5 5.0 7.4 8.0 17.0 0.5 32.8 -4.6 5.7 0 46.9 7.9 21.7
SD    21.7 25.7 25.7 25.7 46734.4 15214.1 264.5 10.8 6.6 0.5 199.5 296.5 4.1 0 1.3 1.6 1.3 1.6 9.6 0.3 2.1 4.6 8.0 0 23.6 4.5 6.4
Median 41.3 24.9 3.4 46.4 2661372.3 1189130.5 1190.0 20.0 12.9 1.1 170.0 101.5 38.0 1 4.5 5.0 7.4 7.9 18.8 0.6 32.7 -5.0 0.4 0 32.0 9.0 21.0
MAD   13.9 16.0 16.0 16.0 1504.1 1485.0 192.7 9.1 4.6 0.4 118.6 83.8 4.4 0 1.1 1.1 1.4 1.1 4.4 0.1 1.3 4.4 0.6 0 14.8 4.4 4.9
IQR   23.2 26.0 26.0 26.0 1498.8 15461.6 250.0 13.8 6.6 0.6 178.8 129.2 5.0 0 1.5 1.5 1.8 1.8 10.7 0.4 0.9 5.8 8.7 0 46.0 9.0 6.4
Min   28.9 9.5 -12.0 31.0 2632560.0 1187650.0 740.0 8.0 5.7 0.4 35.0 21.0 25.0 1 1.9 2.1 4.7 4.9 5.9 0.2 27.0 -18.0 0.0 0 3.0 0.0 0.0
Max  123.0 126.9 105.3 148.4 2780310.0 1254685.0 1900.0 56.0 49.0 3.5 1350.0 2430.0 47.0 1 11.1 15.0 14.1 18.0 46.3 1.2 38.0 9.0 22.0 0 77.0 18.0 40.0
plasticity layering develop mix cover topo lW.ratio type_binary
N      114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 114.0 194 194
NAs    80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 80.0 0.0 0
Mean  6.3 1.6 2.9 1.6 2.3 5.2 1.1 1
SD    2.7 0.5 1.1 0.7 0.6 1.9 0.4 0
Median 5.8 2.0 3.0 1.0 2.0 5.0 1.0 1
MAD   1.0 0.0 1.5 0.0 0.0 1.5 0.4 0
IQR   0.8 1.0 1.8 1.0 1.0 1.0 0.5 0
Min   0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 2.0 0.4 1
Max  12.6 2.0 4.0 3.0 3.0 9.0 3.0 1
  
```

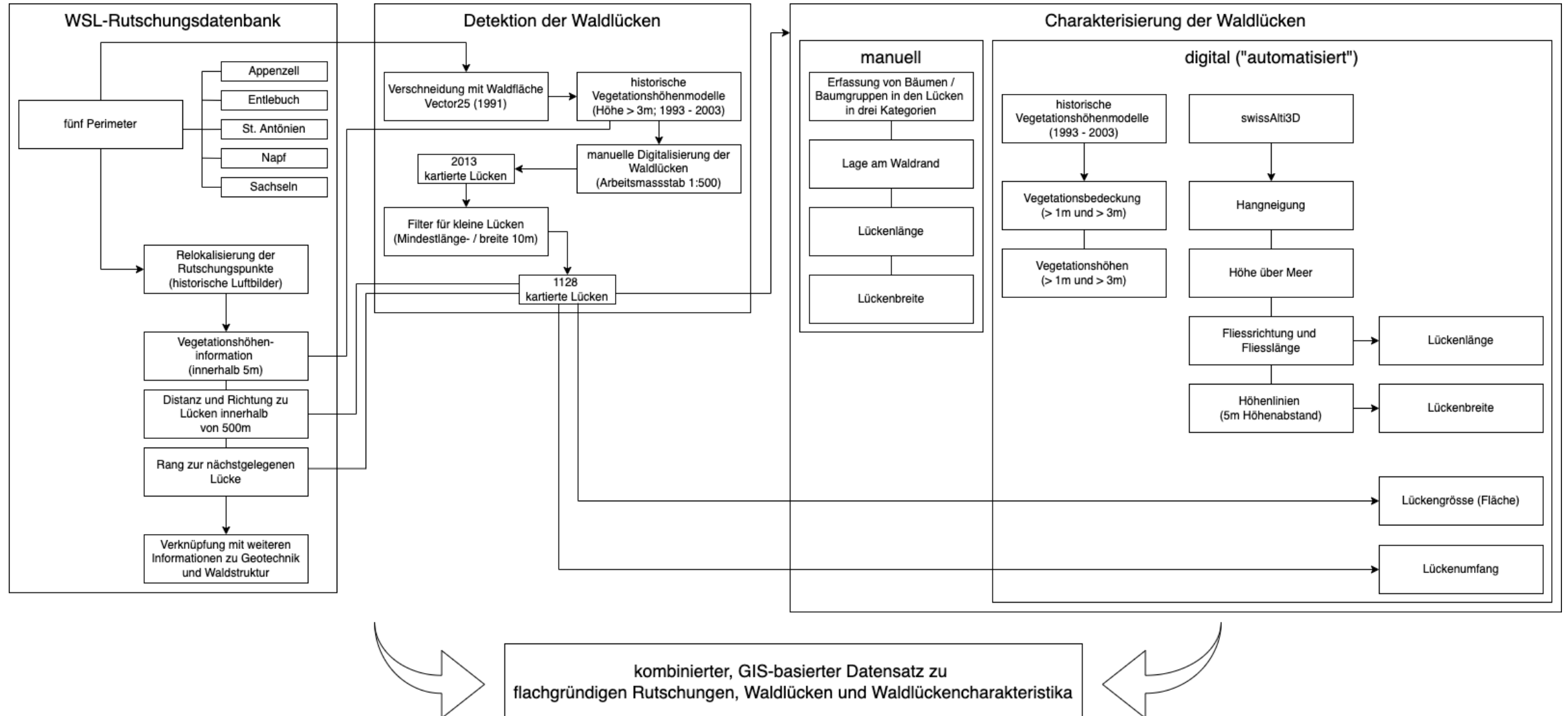


# Das wird schon gemacht....



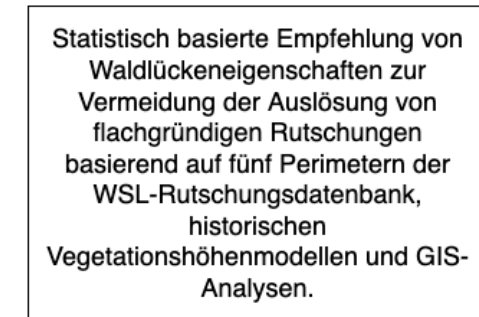
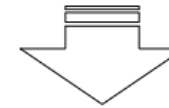
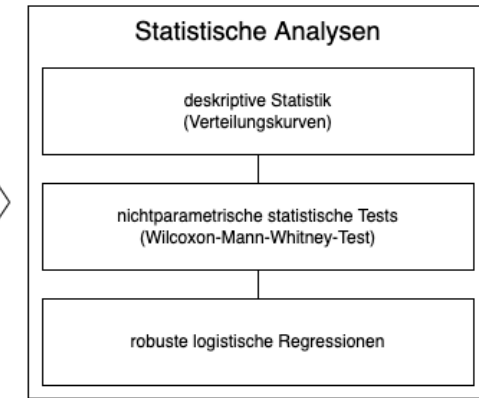
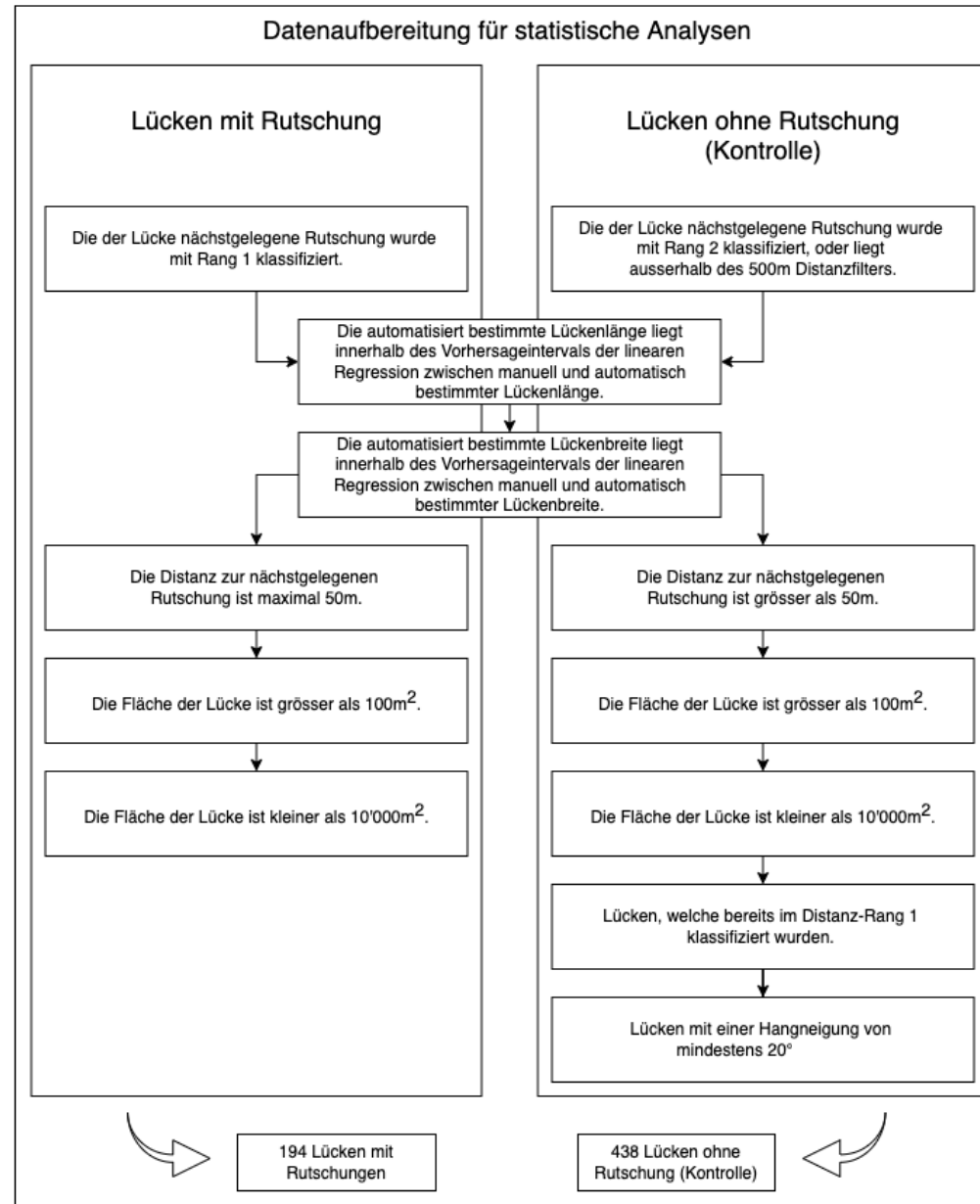
**Figure 6.** Classification trees to predict landslide occurrence in St Antoenien based on significant forest structural variables and selected terrain variables. The models were fitted with the whole data set ( $n = 93$ ). The  $n$ -values exhibit the number of cases explained by the corresponding variable. GapL: length of largest gap; Slope\_R: slope at the release point; tree1: distance to the nearest tree; WLno: no signs of water logging.

# Wie wir vorgegangen sind....



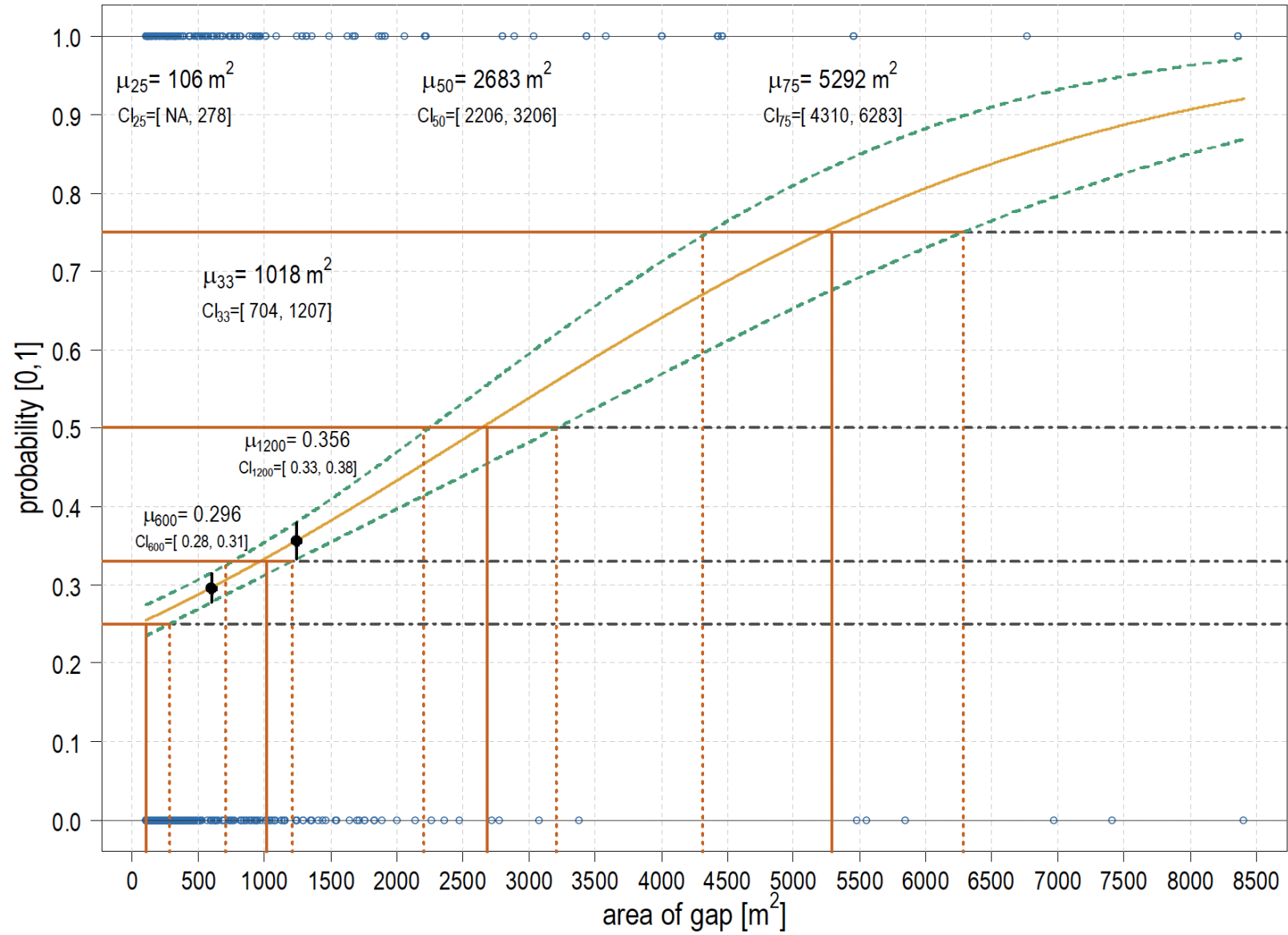
# Wie wir vorgegangen sind....

kombinierter, GIS-basierter Datensatz zu flachgründigen Rutschungen, Waldlücken und Waldlückencharakteristika



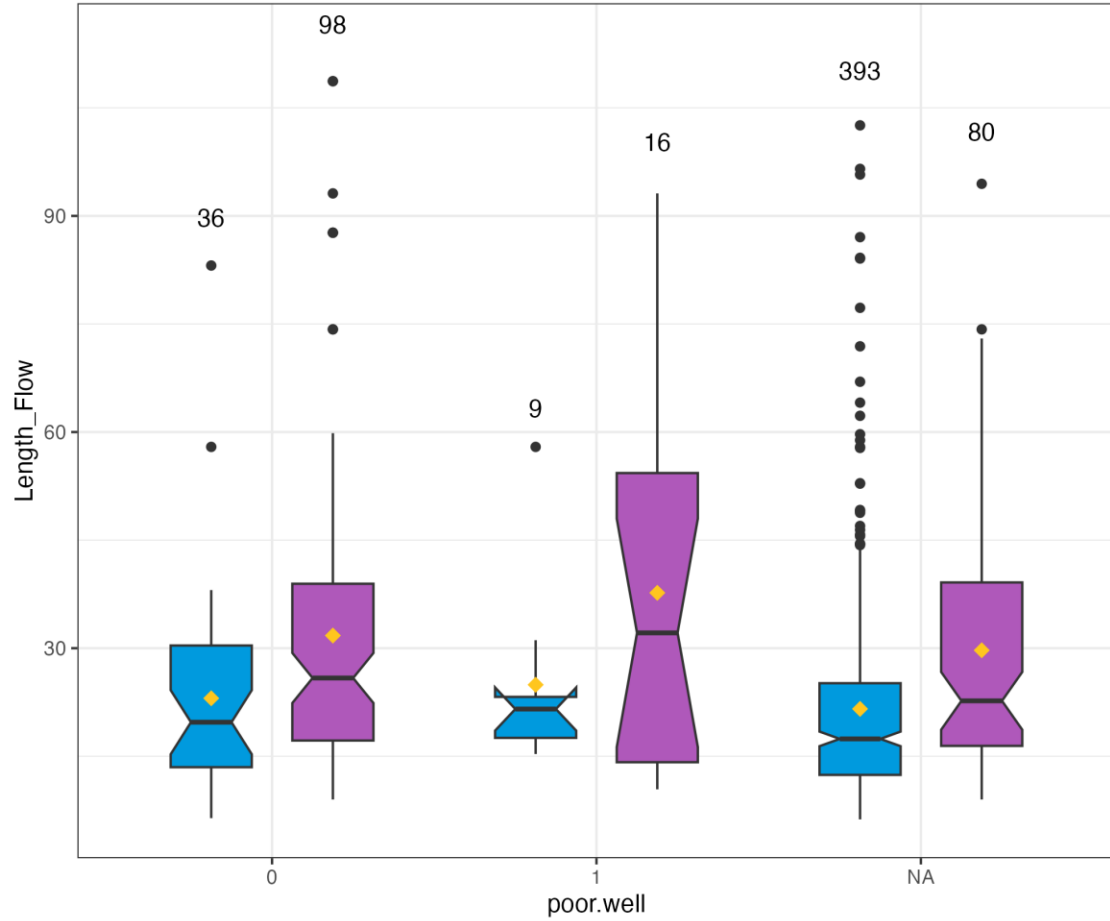


# Lückengrösse (Fläche)



# Waldstruktur ("gut" vs. "schlecht")

Boxplot of Length\_Flow grouped by poor.well and type



Boxplot of Width grouped by poor.well and type

