

# Berlin CO2 Leistungsbild

*Bhaskar Kamble*

*15 August 2019*

## Contents

<b>Teil 1.</b>	<b>4</b>
<b>1. Alle Stadtbezirke, CO2-Emission aus Beheizung, alle Wohngebäude</b>	<b>5</b>
1.1 Absolute Zahlen . . . . .	5
1.1.1 Berlin, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t . . . . .	5
1.1.2 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 summiert in 1.000 t . . . . .	10
1.1.3 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent . . . . .	14
1.1.4 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t . . . . .	18
1.1.5 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, Veränderung in Prozent . . . . .	22
1.1.6 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, in Prozent . . . . .	26
1.2 Flächenbezug . . . . .	26
1.2.1 Berlin, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in kg/m2 [AN] . . . . .	26
1.2.2 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in kg/m2 [AN] . . . . .	28
1.2.3 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m2 [AN] . . . . .	32
1.2.4 Berlin, flächenbezogene co2 Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002-2008, 2002=100 . . . . .	34
1.2.5 Alle Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002-2018 und Niveau 2018 (Rang-folge) . . . . .	36
1.2.6 Berlin, alle Wohngebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2002-2018 . . . . .	38
1.3 Emission pro Einwohner . . . . .	40
1.3.1 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner . . . . .	40
1.3.2. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner . . . . .	42

1.3.3 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002-2018, 2002=100 . . . . .	46
1.3.4. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, CO2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2018, 2002 = 100 . . . . .	48
1.3.5 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner . . . . .	52
1.3.6 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002/2018 in Prozent . . . . .	53
1.4 Prognose . . . . .	56
1.4.1 Berlin, alle Wohngebäude, Prognose der co2-Emission aus Beheizung 2019-2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades) . . . . .	56
1.5 Diskussion . . . . .	58
<b>2. Alle Stadtbezirke, co2-emission aus Beheizung, 1-2 Familiengebäude</b>	<b>58</b>
2.1 Absolute Zahlen . . . . .	58
2.1.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t . . . . .	58
2.1.2 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 summiert in 1.000 t . . . . .	61
2.1.3 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent . . . . .	64
2.1.4 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t . . . . .	67
2.1.5 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, Veränderung in Prozent . . . . .	71
2.1.6 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, Veränderung der co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent . . . . .	74
2.2. Flächenbezug . . . . .	74
2.2.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in kg/m2[AN] . . . . .	74
2.2.2. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum 2002 - 2008 in kg/m2[AN] . . . . .	76
2.2.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m2[AN] . . . . .	79
2.2.4. Berlin, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002 - 2008, 2002 = 100 . . . . .	80
2.2.5. Alle Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002 - 2018 und Niveau 2018 (Rangfolge) . . .	82
2.2.6. Berlin, 1-2 Familiengebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2012 - 2018 . . . . .	84
2.3. Emission pro Einwohner . . . . .	85
2.3.1. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner . . . . .	85

2.3.2. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2008, 2002 = 100 . . . . .	85
2.3.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner . . . . .	85
2.3.4. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002 / 2018 in Prozent . . . . .	85
2.4. Prognose . . . . .	85
2.4.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, Prognose der CO2-Emission aus der Beheizung 2019-2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades) . . . . .	86
2.5. Diskussion . . . . .	87
<b>3. Alle Stadtbezirke, CO2-Emission aus Beheizung, Mehrfamiliengebäude</b>	<b>87</b>
3.1. Absolute Zahlen . . . . .	87
3.1.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in 1.000 t . . . . .	87
3.1.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 summiert in 1.000 t . . . . .	91
3.1.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in Prozent . . . . .	94
3.1.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in 1.000 t . . . . .	97
3.1.5. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018, Veränderung in Prozent . . . . .	101
3.1.6. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, Veränderung der CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in Prozent . . . . .	104
3.2. Flächenbezug . . . . .	104
3.2.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in kg/m <sup>2</sup> [AN] . . . . .	104
3.2.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum 2002 - 2008 in kg/m <sup>2</sup> [AN] . . . . .	106
3.2.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m <sup>2</sup> [AN] . . . . .	109
3.2.4. Berlin, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002 - 2008, 2002 = 100 . . . . .	110
3.2.5. Alle Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002 - 2018 und Niveau 2018 (Rangfolge) . . .	112
3.2.6. Berlin, Mehrfamiliengebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2012 - 2018 . . . . .	114
3.3. Emission pro Einwohner . . . . .	115
3.3.1. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner . . . . .	115
3.3.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2008, 2002 = 100 . . . . .	115

3.3.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner . . . . .	115
3.3.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002 / 2018 in Prozent . . . . .	115
3.4. Prognose . . . . .	115
3.4.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, Prognose der CO2-Emission aus Beheizung 2019 - 2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades) . . . . .	115
3.5. Diskussion . . . . .	117
<b>4. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, alle Wohngebäude</b>	<b>118</b>
4.1. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 . . . . .	118
4.2. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 . . . . .	123
4.3. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m <sup>2</sup> [AN]*a) . . . . .	127
4.4. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018 . . . . .	129
<b>5. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, 1-2 Familiengebäude</b>	<b>131</b>
5.1. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 summiert . . . . .	131
5.2. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 . . . . .	136
5.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m <sup>2</sup> [AN]*a) . . . . .	139
5.4. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018 . . . . .	141
<b>6. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, Mehrfamiliengebäude</b>	<b>142</b>
6.1. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 summiert . . . . .	142
6.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 . . . . .	147
6.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m <sup>2</sup> [AN]*a) . . . . .	151
6.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018 . . . . .	153

## Teil 1.

General Notes:

Have all co2 emissions for the Bezirke ready, then add them up to find the co2 for berlin

You can compare the sum of all bezirke with the total for Berlin also

Use this:

file:///D:/GITHUB\_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/01\_charlottenburg\_wilmersdorf/ExtractData2.R

Important variables:

- berlin\_co2\_all: kilo tons of co2 emitted by each bezirk in each year. (all = mfh+sfh)
- bezirk\_areas\_all: areas of each bezirk in each year.
- bezirk\_spez\_co2: per unit area co2 emitted by each bezirk in each year.
- bezirke\_spez\_co2\_linea: linear trend of bezirke\_spez\_co2
- spez\_co2\_emission: berlin all buildings, specific co2 emissions for each year
- bezirk\_population: population of each bezirk in each year for mfh+sfh.

```
source("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/getAllBezirkeTotalCO2_v2.R")
alle_bezirke_co2 <- getAllBezirkeTotalCO2()
```

```
i_section <- 1
```

## 1. Alle Stadtbezirke, CO2-Emission aus Beheizung, alle Wohngebäude

```
i_subsection <- 1
```

### 1.1 Absolute Zahlen

```
i_subsubsection <- 1
```

#### 1.1.1 Berlin, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t

- Berlin, summed over all Bezirke and all Energieträger.
- Berlin, summed over all Bezirke, split by Energieträger.

```
#alle_bezirke_co2$all - dataframe of year, and co2 emissions of each bezirk , summed over ET.
berlin_co2_all <- getRowSums(alle_bezirke_co2$all , dropCols = "abrechnungsjahr")
#berlin_co2_all
```

```
#plot(berlin_co2_all$abrechnungsjahr , berlin_co2_all$total)
require(ggplot2)
#look at line 187 of BerlinPresentationCO2BalanceUnified_v6.Rmd
points_line_lm <- function(input_data,
                           xVar,
                           yVar,
                           ymin,
                           ymax,
                           x_eq=2008,
                           y_eq=2500,
                           size_eq=6,
                           plot_title,
                           xlab,
                           ylab,
                           slope_round_to = 2,
```

```

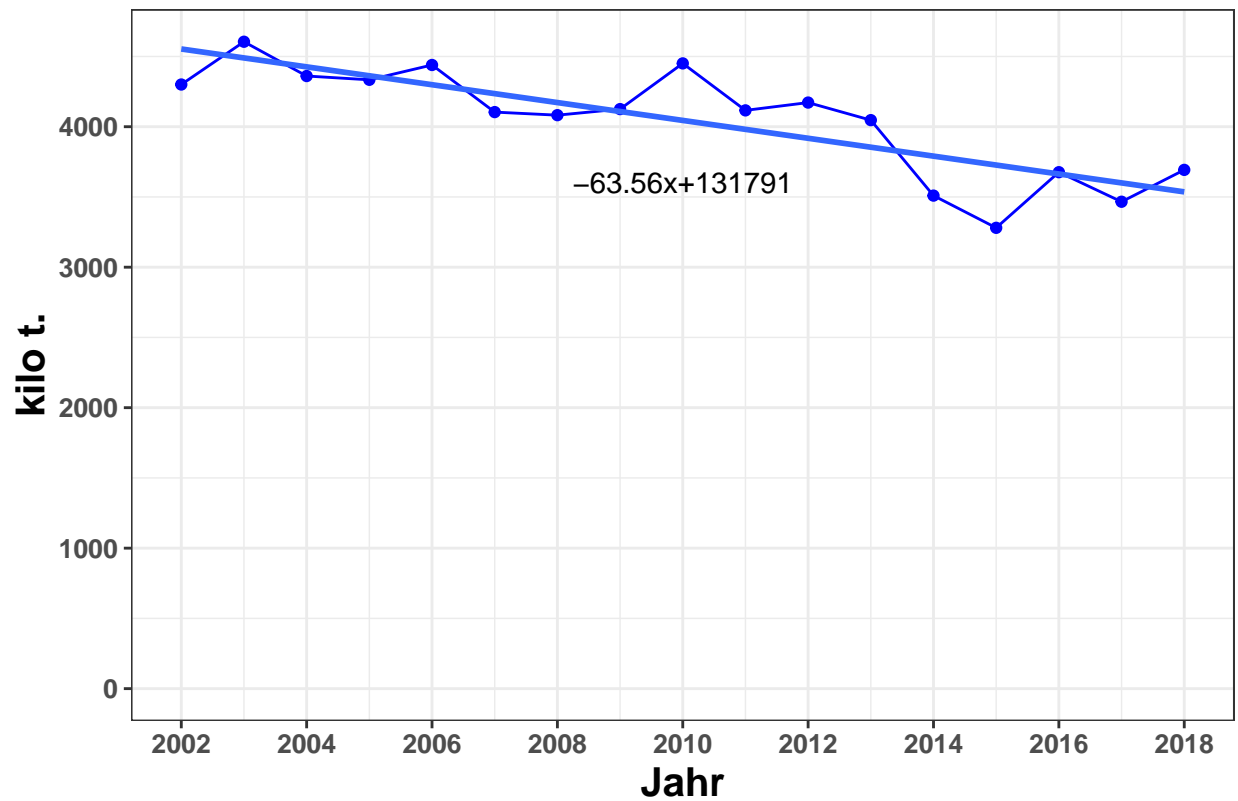
        intercept_round_to = 0) {
linmod <- lm(data=input_data , formula = get(yVar)~get(xVar))
coeff_a <- as.numeric(coefficients(linmod)[1])
coeff_b <- as.numeric(coefficients(linmod)[2])
if (coeff_a<0) {
  sign_coeff_a <- " "
} else {sign_coeff_a <- "+"}

b_round <- as.character(round(coeff_b,slope_round_to))
a_round <- as.character(round(coeff_a,intercept_round_to))
lm_equation <- paste0( b_round , "x" , sign_coeff_a , a_round)

g <- ggplot() + geom_line(data=input_data , aes(x=get(xVar) , y=get(yVar)) , color="blue"
)+geom_point(data=input_data , aes(x=get(xVar) , y=get(yVar)) , color="blue"
)+geom_smooth(method="lm" , data=input_data , aes(x=get(xVar) , y=get(yVar)) , se=FALSE
)+annotate(geom="text" , label=lm_equation , x = x_eq , y = y_eq , size=size_eq
)+ylim(ymin,ymax)+scale_x_continuous(breaks=seq(2002,2018,2)
)+theme_bw()+labs(x=xlab,
y=ylab,title=plot_title)+theme(
  plot.title=element_text(size=10),
  axis.title.x=element_text(size=15, face="bold"),
  axis.title.y = element_text(size=15, face="bold"),
  axis.text.x=element_text(size=10,face="bold"),
  axis.text.y=element_text(size=10,face="bold")
)
return(g)
}
points_line_lm(input_data = berlin_co2_all,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  yVar = "total",
  ymin = 0,
  ymax = max(berlin_co2_all$total),
  x_eq = 2010,
  y_eq = 3600,
  size_eq = 4,
  plot_title = "CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude",
  xlab = "Jahr",
  ylab = "kilo t.")

```

CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude



```
berlin_co2_all[, c("abrechnungsjahr", "total")]
```

```
##   abrechnungsjahr   total
## 1          2002 4300.367
## 2          2003 4604.759
## 3          2004 4360.758
## 4          2005 4333.933
## 5          2006 4439.307
## 6          2007 4104.045
## 7          2008 4082.187
## 8          2009 4125.395
## 9          2010 4450.679
## 10         2011 4116.304
## 11         2012 4171.740
## 12         2013 4046.696
## 13         2014 3509.463
## 14         2015 3280.266
## 15         2016 3676.228
## 16         2017 3465.873
## 17         2018 3692.675
```

- Now you should write a new function which gives the CO2 emission of Berlin, MFH+SFH, summed over all Bezirke, and split by ET.

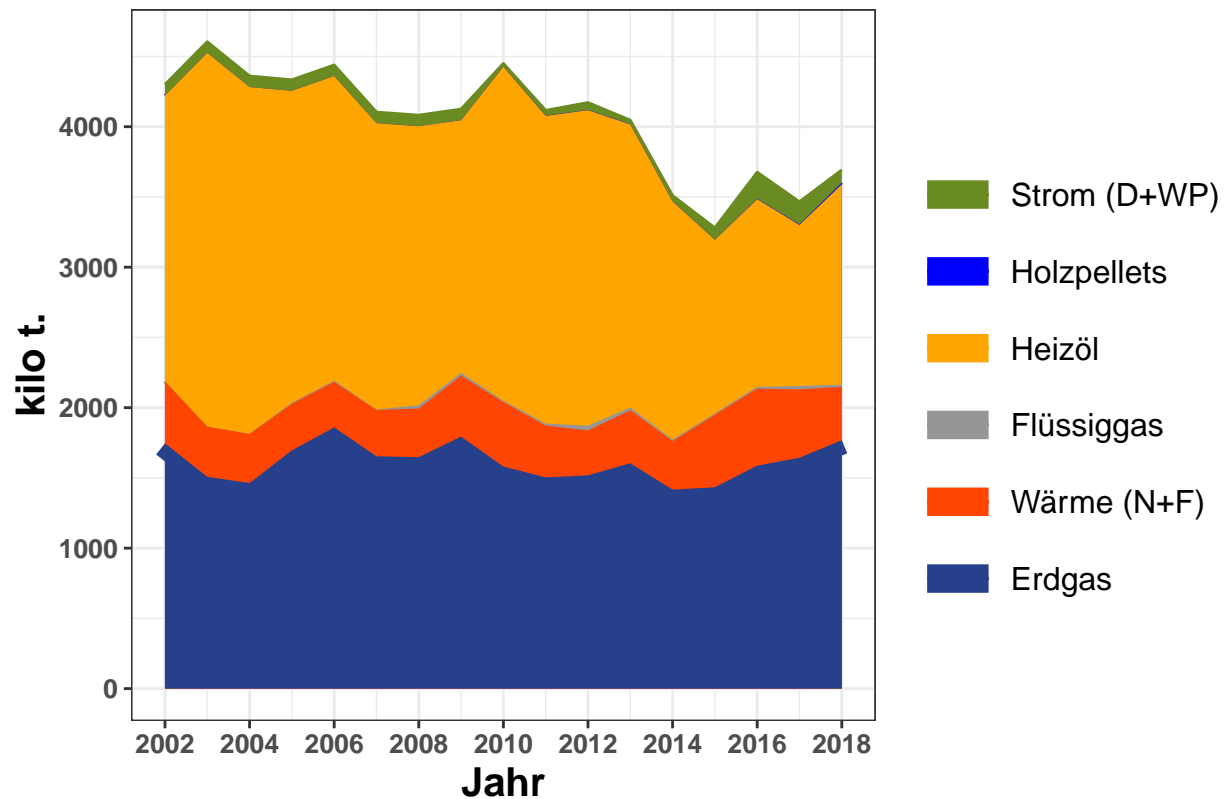
```
source("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/getAllBezirkeByETCO2_v2.R")
co2_allebezirke_byET <- getAllBezirkeByETCO2()
co2_all_allebezirke_byET <- co2_allebezirke_byET$all
#co2_all_allebezirke_byET
```

```
require(ggplot2)
col_list <- c("royalblue4", "orangered1", "gray59", "orange", "blue", "olivedrab4")
cols <- c(
  "erdgas"      = "royalblue4",
  "waerme"      = "orangered1",
  "fluessiggas" = "gray59",
  "heizael"     = "orange",
  "holzpellets" = "blue",
  "strom"       = "olivedrab4"
)
plot_title <- NULL
order_legend <- rev(c("erdgas", "waerme", "fluessiggas", "heizael", "holzpellets", "strom"))
order_labels <- rev(c("Erdgas", "Wärme (N+F)", "Flüssiggas", "Heizöl", "Holzpellets", "Strom (D+WP)"))
et_list <- c("erdgas", "waerme", "fluessiggas", "heizael", "holzpellets", "strom")
plot_byET <- function(obj, xlabel, ylabel, plottitle) {
  ggplot()+geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[1]), color=et_list[1]), size=5)
  +geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[2]), color=et_list[2]))
  +geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[3]), color=et_list[3]))
  +geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[4]), color=et_list[4]))
  +geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[5]), color=et_list[5]))
  +geom_line(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=get(et_list[6]), color=et_list[6]))
  +scale_color_manual(labels=order_labels, name=" ", values=cols, breaks=order_legend)
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[6])), fill=col_list[6])
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[5])), fill=col_list[5])
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[4])), fill=col_list[4])
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[3])), fill=col_list[3])
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[2])), fill=col_list[2])
  +geom_ribbon(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, ymin=0, ymax=get(et_list[1])), fill=col_list[1])+theme_bw()
  plot.title=element_text(size=10),
  axis.title.x=element_text(size=15, face="bold"),
  axis.title.y = element_text(size=15, face="bold"),
  legend.text = element_text(size=12),
  axis.text.x=element_text(size=10, face="bold"),
  axis.text.y=element_text(size=10, face="bold"),
  legend.key.size=unit(2, "lines")
  +scale_x_continuous(breaks=seq(2002, 2018, 2))
}
```

```
source("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/getCumSums.R")
co2_all_allebezirke_byET_cumsums <- getCumSums(obj=co2_all_allebezirke_byET , dropCols=c("abrechnungsjahr"))
#co2_all_allebezirke_byET_cumsums
plot_byET(co2_all_allebezirke_byET_cumsums ,
  xlabel = "Jahr" ,
  ylabel = "kilo t." ,
  plottitle = "CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, nach Energieträgern")
```



CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, nach Energieträgern



co2\_all\_allebezirke\_byET

##	abrechnungsjahr	erdgas	waerme	fluessiggas	heizoel	holzpellets
## 1	2002	1746.306	440.6780	0.000000	2034.860	0.00000000
## 2	2003	1507.779	356.8875	0.000000	2661.570	0.00000000
## 3	2004	1463.165	349.5755	1.927683	2467.567	0.00000000
## 4	2005	1696.369	331.3529	7.738564	2219.900	0.04967672
## 5	2006	1859.785	324.0964	8.583952	2168.262	0.05636583
## 6	2007	1653.945	329.6998	3.774203	2038.044	0.05977333
## 7	2008	1647.829	346.3019	23.237083	1986.111	0.18485772
## 8	2009	1794.166	433.4917	19.659725	1799.082	0.47207509
## 9	2010	1580.796	458.9509	10.065080	2377.492	0.74027282
## 10	2011	1503.528	369.4881	13.736308	2190.026	1.54561390
## 11	2012	1518.224	319.8752	33.103532	2246.576	1.86321340
## 12	2013	1604.555	377.2518	19.693120	2015.530	2.05043255
## 13	2014	1416.577	346.0610	10.428462	1694.626	0.32888674
## 14	2015	1433.409	516.9907	9.235242	1235.567	1.17639896
## 15	2016	1587.513	548.1129	12.772169	1336.274	2.66348293
## 16	2017	1643.734	486.4845	24.140778	1146.234	3.81484010
## 17	2018	1768.508	380.7035	14.267661	1427.271	11.23196682
##	strom	total				
## 1	78.52314	4300.367				
## 2	78.52314	4604.759				
## 3	78.52314	4360.758				
## 4	78.52314	4333.933				
## 5	78.52314	4439.307				

```
## 6    78.52314 4104.045
## 7    78.52314 4082.187
## 8    78.52314 4125.395
## 9    22.63532 4450.679
## 10   37.97940 4116.304
## 11   52.09856 4171.740
## 12   27.61575 4046.696
## 13   41.44172 3509.463
## 14   83.88785 3280.266
## 15  188.89217 3676.228
## 16  161.46481 3465.873
## 17   90.69271 3692.675
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.1.2 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 summiert in 1.000 t

- Here split by the Bezirke

```
#berlin_co2_all
```

```
bezirk_list <- names(berlin_co2_all)[!(names(berlin_co2_all)%in% c("abrechnungsjahr","total"))]
#bezirk_list
get_BezirkNames <- function(obj) {
  obj[obj=="charlottenburg_wilmersdorf"] <- "Charlottenburg-Wilmersdorf"
  obj[obj=="friedrichshain_kreuzberg"] <- "Friedrichshain-Kreuzberg"
  obj[obj=="lichtenberg"] <- "Lichtenberg"
  obj[obj=="marzahn_hellersdorf"] <- "Marzahn-Hellersdorf"
  obj[obj=="mitte"] <- "Mitte"
  obj[obj=="neukoelln"] <- "Neukölln"
  obj[obj=="pankow"] <- "Pankow"
  obj[obj=="reinickendorf"] <- "Reinickendorf"
  obj[obj=="spandau"] <- "Spandau"
  obj[obj=="steglitz_zehlendorf"] <- "Steglitz-Zehlendorf"
  obj[obj=="tempelhof_schoeneberg"] <- "Tempelhof-Schöneberg"
  obj[obj=="treptow_koepenick"] <- "Treptow-Köpenick"
  return(obj)
}
#data.frame(blist = bezirk_list , bname = get_BezirkNames(bezirk_list))
bezirk_name <- get_BezirkNames(bezirk_list)
```

```
berlin_co2_all_cumsums <- getCumSums(obj=berlin_co2_all , dropCols=c("abrechnungsjahr","total"))
```

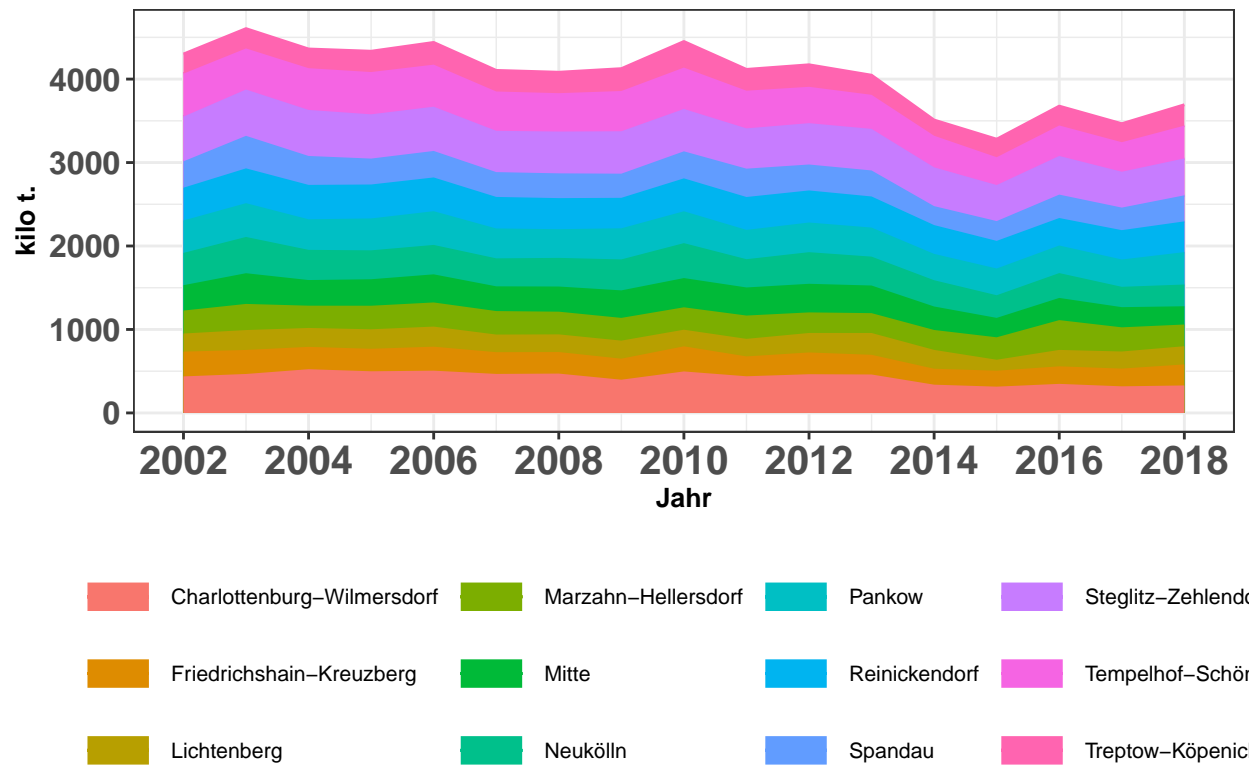
```
gg_color_hue <- function(n) {
  hues = seq(15, 375, length = n + 1)
  hcl(h = hues, l = 65, c = 100)[1:n]
}
cols_bezirk <- gg_color_hue(12)
names(cols_bezirk) <- bezirk_name
order_legend_bez <- bezirk_name
order_labels_bez <- bezirk_name
```

Put it all together into a function:

```
plot_byBezirke <- function(obj,xlabel,ylabel,plottitle) {
  names(obj) <- get_BezirkNames(names(obj))
  ggplot()+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[1]),color=bezirk_name[1]),size=5)
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[2]),color=bezirk_name[2])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[3]),color=bezirk_name[3])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[4]),color=bezirk_name[4])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[5]),color=bezirk_name[5])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[6]),color=bezirk_name[6])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[7]),color=bezirk_name[7])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[8]),color=bezirk_name[8])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[9]),color=bezirk_name[9])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[10]),color=bezirk_name[10])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[11]),color=bezirk_name[11])
)+geom_line(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,y=get(bezirk_name[12]),color=bezirk_name[12])
)+scale_color_manual(labels=order_labels_bez,name=" ",values=cols_bezirk,breaks=order_legend_bez
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[12])),fill=cols_bezirk[12]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[11])),fill=cols_bezirk[11]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[10])),fill=cols_bezirk[10]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[9])),fill=cols_bezirk[9]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[8])),fill=cols_bezirk[8]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[7])),fill=cols_bezirk[7]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[6])),fill=cols_bezirk[6]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[5])),fill=cols_bezirk[5]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[4])),fill=cols_bezirk[4]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[3])),fill=cols_bezirk[3]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[2])),fill=cols_bezirk[2]
)+geom_ribbon(data=obj,aes(x=abrechnungsjahr,ymin=0,ymax=get(bezirk_name[1])),fill=cols_bezirk[1]
)+theme_bw()+ labs(x=xlabel,y=ylabel,title=plottitle) + theme(plot.title=element_text(size=10), axis.
)+scale_x_continuous(breaks=seq(2002,2018,2))
}
```

```
plot_byBezirke(berlin_co2_all_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "kilo t." , plottitle="CO2 Emissionen")
```

CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, nach Bezirk



berlin\_co2\_all

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	437.5293	297.2324		
## 2	2003	466.5623	288.0173		
## 3	2004	523.9296	267.8083		
## 4	2005	499.0712	269.5375		
## 5	2006	506.4530	287.4582		
## 6	2007	467.4310	260.4179		
## 7	2008	471.6374	257.8947		
## 8	2009	397.8959	252.1482		
## 9	2010	497.1840	300.9858		
## 10	2011	439.2849	238.1180		
## 11	2012	463.8478	260.7414		
## 12	2013	460.5407	236.0173		
## 13	2014	338.4202	191.1728		
## 14	2015	314.9513	190.9628		
## 15	2016	348.3044	210.2256		
## 16	2017	318.8350	212.4325		
## 17	2018	329.1718	252.2647		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	216.6343	275.2513	303.6602	386.9229	388.7110
## 2	238.3496	313.2014	367.6347	434.6238	404.7990
## 3	226.4307	266.9005	306.9894	361.8178	366.1182
## 4	233.5679	282.3000	317.1532	346.5096	381.9396
## 5	240.4608	289.4489	336.6562	352.5077	404.0113

## 6	211.0525		281.6287	296.0844	335.1829	358.1850
## 7	211.7719		271.9283	301.2731	343.1990	343.8619
## 8	216.2582		272.4331	329.3362	371.2087	372.7440
## 9	199.0213		268.4016	349.9835	418.6494	381.8390
## 10	210.1798		279.1120	336.5241	338.8299	351.1555
## 11	233.6965		246.1024	342.7206	379.0212	355.0812
## 12	261.3005		237.7976	331.0666	345.8917	348.4189
## 13	225.7927		238.5314	281.0405	314.7469	315.8817
## 14	131.4076		268.7053	232.6526	271.3746	320.3199
## 15	196.6574		356.8285	265.7401	297.6735	330.3642
## 16	204.8809		289.4252	241.6136	243.6720	327.4611
## 17	217.9276		260.0886	218.6250	260.2750	388.1170
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg		
## 1	392.7612	315.9709		535.8396		515.1772
## 2	417.0745	389.6866		555.1910		492.2442
## 3	412.3152	346.3917		552.0756		500.0783
## 4	406.9920	310.4068		530.5820		506.1757
## 5	404.3762	317.5846		530.4499		503.6604
## 6	377.9894	297.4208		495.0667		471.0199
## 7	372.0310	296.8566		501.0394		459.7635
## 8	365.0171	289.5115		508.4172		482.2675
## 9	394.3945	323.8770		507.7911		495.7093
## 10	393.8126	339.7322		482.6590		451.6065
## 11	384.5755	310.7582		495.2810		435.5185
## 12	372.4470	311.8237		498.2495		407.9688
## 13	344.9816	227.1596		464.8513		378.6392
## 14	330.9450	237.0958		432.2612		333.2663
## 15	329.4780	280.6585		463.3482		364.9747
## 16	351.5174	270.5330		429.6898		353.5214
## 17	368.5619	312.0977		442.2216		393.2160
##	treptow_koepenick	total				
## 1	234.6767	4300.367				
## 2	237.3749	4604.759				
## 3	229.9027	4360.758				
## 4	249.6980	4333.933				
## 5	266.2393	4439.307				
## 6	252.5663	4104.045				
## 7	250.9305	4082.187				
## 8	268.1575	4125.395				
## 9	312.8423	4450.679				
## 10	255.2892	4116.304				
## 11	264.3958	4171.740				
## 12	235.1742	4046.696				
## 13	188.2448	3509.463				
## 14	216.3241	3280.266				
## 15	231.9750	3676.228				
## 16	222.2915	3465.873				
## 17	250.1079	3692.675				

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.1.3 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent

- Here the percent of the co2 emission broken up by percentage - by ET first, and then by bezirk.
- The function `find_proportions` is to be used for this purpose.

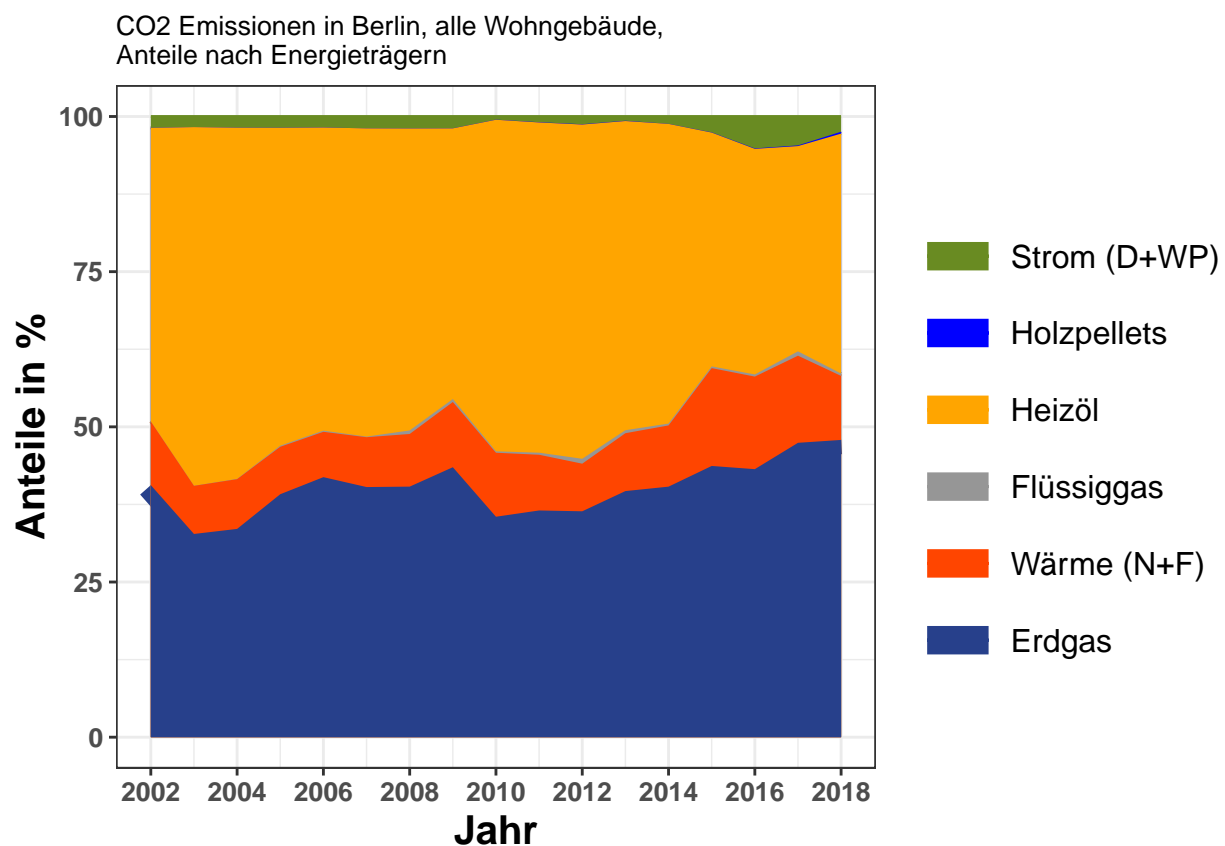
```
#find_proportions
```

```
#co2_all_allebezirke_byET
```

```
co2_all_allebezirke_byET_prop <- find_proportions(co2_all_allebezirke_byET , drop_cols = c("abrechnungs", "bezirk"))
#co2_all_allebezirke_byET_prop
```

```
co2_all_allebezirke_byET_prop_cumsums <- getCumSums(obj=co2_all_allebezirke_byET_prop , dropCols = "abrechnungs", dropRows = "bezirk")
#co2_all_allebezirke_byET_prop_cumsums
```

```
plot_byET(co2_all_allebezirke_byET_prop_cumsums,xlabel = "Jahr" , ylabel = "Anteile in %" , plottitle = "CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, Anteile nach Energieträgern")
```



```
co2_all_allebezirke_byET_prop
```

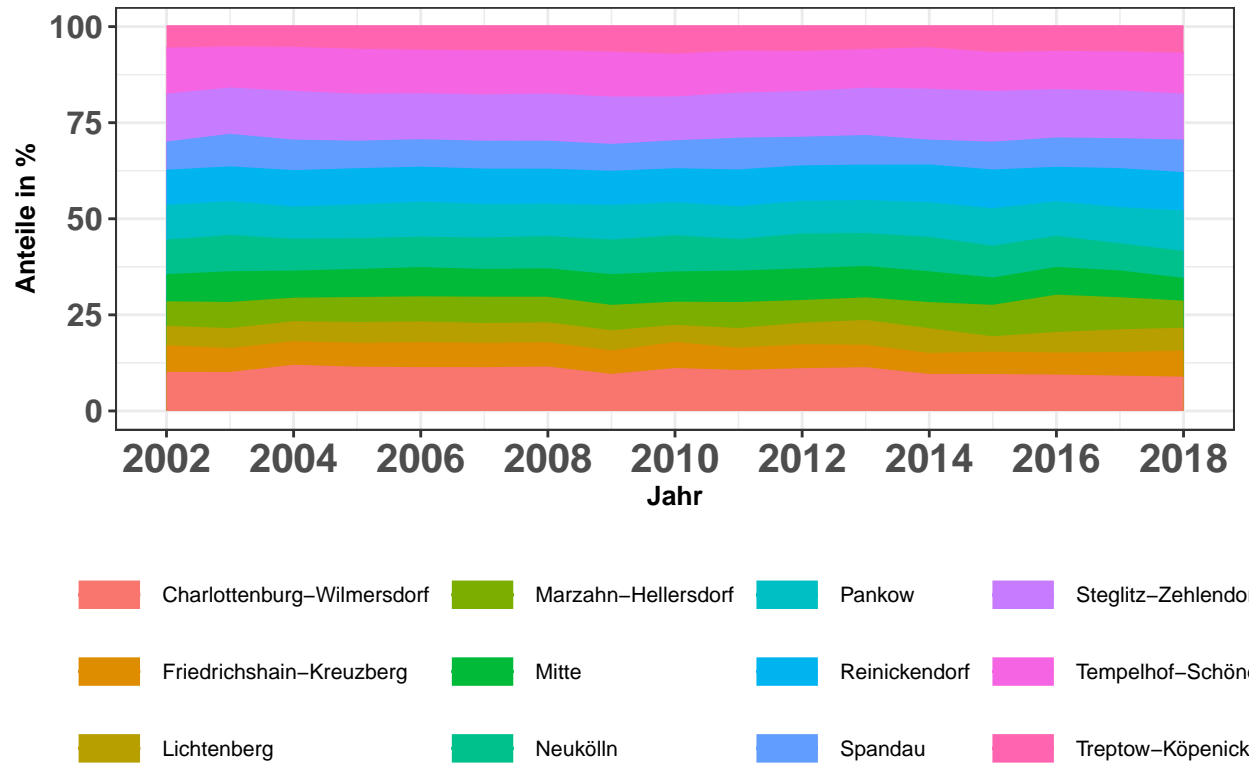
```
##      erdgas    waerme fluessiggas  heizoel holzpellets    strom
## 1  40.60830  10.247450  0.00000000  47.31829  0.00000000  1.8259637
## 2  32.74392   7.750406  0.00000000  57.80041  0.00000000  1.7052606
```

```
## 3 33.55300 8.016393 0.04420523 56.58573 0.000000000 1.8006765
## 4 39.14156 7.645548 0.17855753 51.22137 0.001146227 1.8118217
## 5 41.89359 7.300609 0.19336246 48.84235 0.001269699 1.7688156
## 6 40.30036 8.033531 0.09196299 49.65938 0.001456449 1.9133108
## 7 40.36632 8.483244 0.56923121 48.65312 0.004528399 1.9235557
## 8 43.49077 10.507883 0.47655375 43.60994 0.011443148 1.9034090
## 9 35.51808 10.311930 0.22614706 53.41863 0.016632807 0.5085814
## 10 36.52616 8.976212 0.33370492 53.20371 0.037548588 0.9226579
## 11 36.39305 7.667669 0.79351856 53.85225 0.044662740 1.2488449
## 12 39.65099 9.322463 0.48664683 49.80681 0.050669294 0.6824271
## 13 40.36449 9.860797 0.29715268 48.28734 0.009371427 1.1808565
## 14 43.69795 15.760633 0.28153940 37.66667 0.035862909 2.5573486
## 15 43.18321 14.909654 0.34742590 36.34905 0.072451514 5.1382059
## 16 47.42626 14.036419 0.69652796 33.07202 0.110068650 4.6587047
## 17 47.89232 10.309696 0.38637740 38.65142 0.304168859 2.4560168
##   abrechnungsjahr
## 1           2002
## 2           2003
## 3           2004
## 4           2005
## 5           2006
## 6           2007
## 7           2008
## 8           2009
## 9           2010
## 10          2011
## 11          2012
## 12          2013
## 13          2014
## 14          2015
## 15          2016
## 16          2017
## 17          2018
```

```
#berlin_co2_all
```

```
berlin_co2_all_prop <- find_proportions(berlin_co2_all,drop_cols=c("abrechnungsjahr","total"))
berlin_co2_all_prop_cumsums <- getCumSums(berlin_co2_all_prop,dropCols="abrechnungsjahr")
plot_byBezirke(berlin_co2_all_prop_cumsums,xlabel = "Jahr" , ylabel = "Anteile in %" , plottitle = "CO2
```

CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, Anteile nach Bezirk



berlin\_co2\_all\_prop

```
##      charlottenburg_wilmersdorf friedrichshain_kreuzberg lichtenberg
## 1      10.174232      6.911790      5.037577
## 2      10.132176      6.254775      5.176157
## 3      12.014645      6.141325      5.192462
## 4      11.515433      6.219234      5.389282
## 5      11.408382      6.475294      5.416630
## 6      11.389518      6.345396      5.142549
## 7      11.553547      6.317562      5.187706
## 8      9.645037      6.112097      5.242121
## 9      11.170970      6.762695      4.471706
## 10     10.671830      5.784752      5.106033
## 11     11.118808      6.250182      5.601896
## 12     11.380659      5.832346      6.457131
## 13     9.643077      5.447354      6.433824
## 14     9.601392      5.821565      4.006003
## 15     9.474504      5.718513      5.349434
## 16     9.199270      6.129263      5.911380
## 17     8.914185      6.831491      5.901619
##      marzahn_hellersdorf      mitte      neukoelln      pankow      reinickendorf      spandau
## 1      6.400647      7.061263      8.997439      9.039020      9.133203      7.347533
## 2      6.801690      7.983798      9.438578      8.790883      9.057465      8.462693
## 3      6.120506      7.039818      8.297131      8.395746      9.455127      7.943383
## 4      6.513713      7.317907      7.995268      8.812770      9.390822      7.162242
## 5      6.520138      7.583530      7.940603      9.100776      9.108995      7.153923
```



```

## 6      6.862222 7.214452 8.167134 8.727607      9.210166 7.247015
## 7      6.661338 7.380187 8.407234 8.423471      9.113523 7.271999
## 8      6.603805 7.983144 8.998138 9.035353      8.848053 7.017788
## 9      6.030576 7.863597 9.406417 8.579344      8.861446 7.277025
## 10     6.780645 8.175397 8.231412 8.530845      9.567141 8.253331
## 11     5.899275 8.215291 9.085446 8.511586      9.218587 7.449127
## 12     5.876339 8.181156 8.547508 8.609959      9.203728 7.705636
## 13     6.796806 8.008078 8.968520 9.000858      9.830041 6.472774
## 14     8.191569 7.092491 8.272945 9.765056     10.088967 7.227944
## 15     9.706376 7.228607 8.097253 8.986499      8.962392 7.634415
## 16     8.350716 6.971219 7.030607 9.448154     10.142247 7.805622
## 17     7.043367 5.920504 7.048414 10.510456     9.980891 8.451805
##      steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg treptow_koepenick
## 1      12.46032      11.979843      5.457132
## 2      12.05689      10.689901      5.154990
## 3      12.66008      11.467692      5.272082
## 4      12.24250      11.679361      5.761464
## 5      11.94894      11.345474      5.997318
## 6      12.06289      11.476966      6.154081
## 7      12.27380      11.262675      6.146961
## 8      12.32409      11.690213      6.500166
## 9      11.40930      11.137836      7.029093
## 10     11.72555      10.971165      6.201903
## 11     11.87229      10.439733      6.337783
## 12     12.31250      10.081528      5.811511
## 13     13.24565      10.789092      5.363921
## 14     13.17762      10.159731      6.594712
## 15     12.60390      9.927965      6.310137
## 16     12.39773      10.200065      6.413723
## 17     11.97564      10.648542      6.773083
##      abrechnungsjahr
## 1      2002
## 2      2003
## 3      2004
## 4      2005
## 5      2006
## 6      2007
## 7      2008
## 8      2009
## 9      2010
## 10     2011
## 11     2012
## 12     2013
## 13     2014
## 14     2015
## 15     2016
## 16     2017
## 17     2018

```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.1.4 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t

```
plot_reqdColumns <- function(input_data,      # data frame
                             xVar,          # column name of "input_data" to be plotted on the x-axis
                             cols_to_plot,  # column names of "input_data" to be plotted on the y-axis
                             yColsName,     # for eg. if cols_to_plot = c("Bonn", "Berlin"), then this ca
                             yVar,          # for eg. "population" if the columns for "Berlin" etc. show
                             plot_title = NULL,
                             xlabel = NULL,
                             ylabel = NULL
) {

  input_data <- input_data[, c(xVar, cols_to_plot)]
  names(input_data) <- get_BezirkNames(names(input_data))

  #convert data to long format
  require(reshape2)
  input_data <- melt(input_data, id.vars = xVar)
  names(input_data) <- c(xVar, yColsName, yVar)

  require(ggplot2)
  return_object <-
    ggplot(input_data
    ) + geom_point(aes(x=get(xVar), y=get(yVar), col=get(yColsName)))
    + geom_smooth(method="lm", aes(x=get(xVar), y=get(yVar), col=get(yColsName)), se=FALSE)
    + scale_color_discrete(name = yColsName)
    + labs(x=xlabel, y=ylabel, title=plot_title) + ylim(0, max(input_data[[yVar]]))

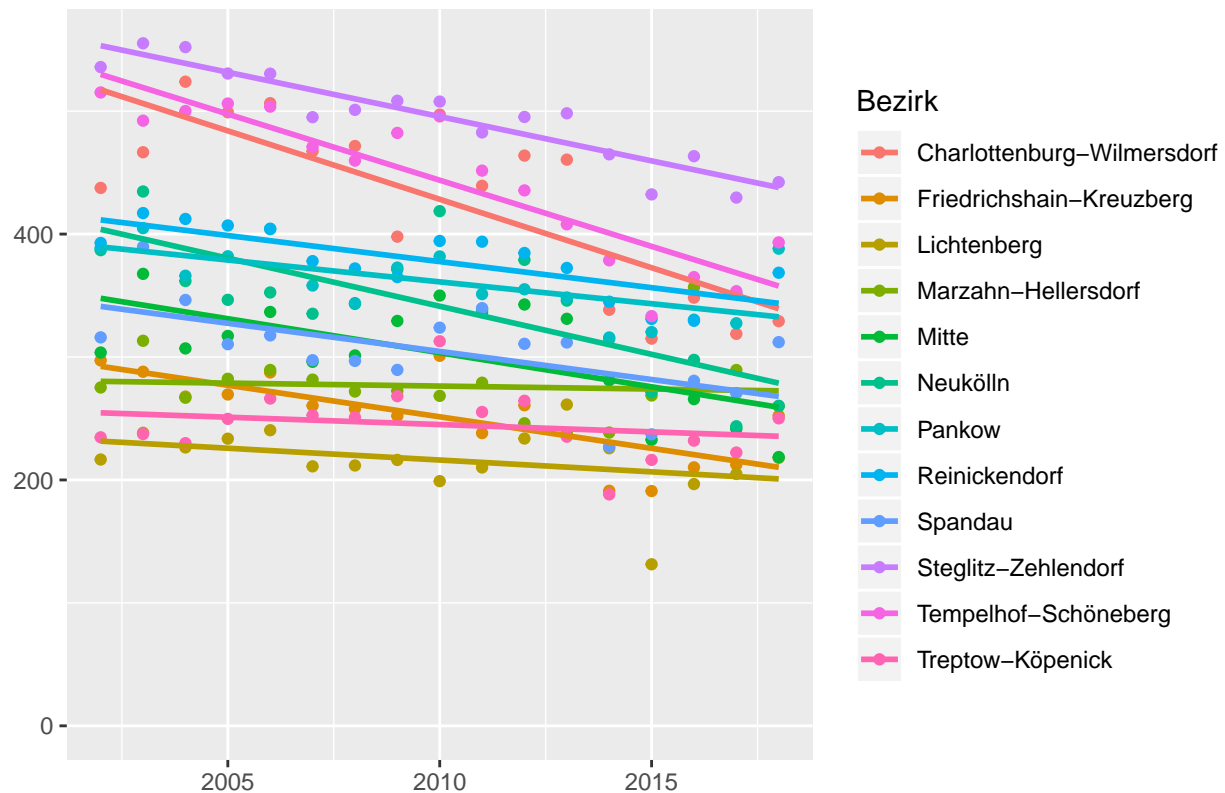
  detach("package:reshape2")
  #detach("package:ggplot2")

  return(return_object)
}
```

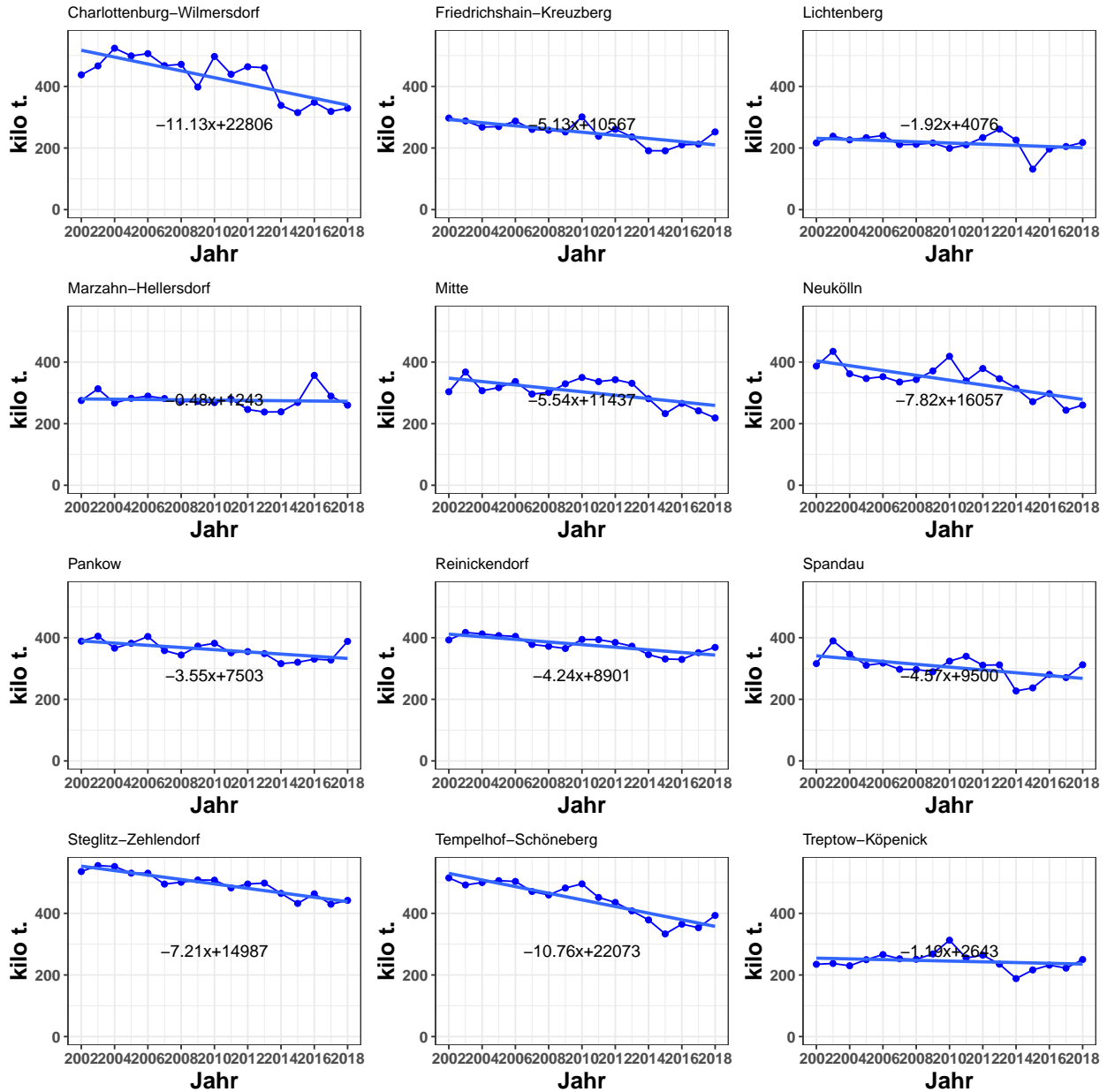
(Eine Grafik: co<sub>2</sub> Emissionen je Bezirk und Jahr) Co<sub>2</sub> emissions of all city districts by year in a single graph.  
(year on x-axis and co<sub>2</sub> emission on y-axis). One Graph: Co<sub>2</sub> emissions of all city districts by year

```
plot_reqdColumns(berlin_co2_all,
                  xVar = "abrechnungsjahr",
                  cols_to_plot = names(berlin_co2_all)[!(names(berlin_co2_all) %in% c("abrechnungsjahr",
                  yColsName = "Bezirk",
                  yVar = "kilo t.",
                  plot_title = "CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude")
```

## CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude



```
max_co2_value <- max(berlin_co2_all[, names(berlin_co2_all)[!(names(berlin_co2_all) %in% c("abrechnungsjahr", "bezirk"))]])
require(ggplot2)
g_co2_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = berlin_co2_all,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=0,
    ymax=max_co2_value,
    x_eq = 2010,
    y_eq = 0.5*max_co2_value,
    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "kilo t.")
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2_bezirk[[1]],g_co2_bezirk[[2]],g_co2_bezirk[[3]],g_co2_bezirk[[4]],
  g_co2_bezirk[[5]],g_co2_bezirk[[6]],g_co2_bezirk[[7]],g_co2_bezirk[[8]],
  g_co2_bezirk[[9]],g_co2_bezirk[[10]],g_co2_bezirk[[11]],g_co2_bezirk[[12]],ncol=3)
```



berlin\_co2\_all

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	437.5293	297.2324
## 2	2003	466.5623	288.0173
## 3	2004	523.9296	267.8083
## 4	2005	499.0712	269.5375
## 5	2006	506.4530	287.4582
## 6	2007	467.4310	260.4179
## 7	2008	471.6374	257.8947
## 8	2009	397.8959	252.1482
## 9	2010	497.1840	300.9858
## 10	2011	439.2849	238.1180
## 11	2012	463.8478	260.7414

## 12	2013	460.5407	236.0173
## 13	2014	338.4202	191.1728
## 14	2015	314.9513	190.9628
## 15	2016	348.3044	210.2256
## 16	2017	318.8350	212.4325
## 17	2018	329.1718	252.2647
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	216.6343	275.2513 303.6602 386.9229 388.7110	
## 2	238.3496	313.2014 367.6347 434.6238 404.7990	
## 3	226.4307	266.9005 306.9894 361.8178 366.1182	
## 4	233.5679	282.3000 317.1532 346.5096 381.9396	
## 5	240.4608	289.4489 336.6562 352.5077 404.0113	
## 6	211.0525	281.6287 296.0844 335.1829 358.1850	
## 7	211.7719	271.9283 301.2731 343.1990 343.8619	
## 8	216.2582	272.4331 329.3362 371.2087 372.7440	
## 9	199.0213	268.4016 349.9835 418.6494 381.8390	
## 10	210.1798	279.1120 336.5241 338.8299 351.1555	
## 11	233.6965	246.1024 342.7206 379.0212 355.0812	
## 12	261.3005	237.7976 331.0666 345.8917 348.4189	
## 13	225.7927	238.5314 281.0405 314.7469 315.8817	
## 14	131.4076	268.7053 232.6526 271.3746 320.3199	
## 15	196.6574	356.8285 265.7401 297.6735 330.3642	
## 16	204.8809	289.4252 241.6136 243.6720 327.4611	
## 17	217.9276	260.0886 218.6250 260.2750 388.1170	
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	392.7612 315.9709	535.8396	515.1772
## 2	417.0745 389.6866	555.1910	492.2442
## 3	412.3152 346.3917	552.0756	500.0783
## 4	406.9920 310.4068	530.5820	506.1757
## 5	404.3762 317.5846	530.4499	503.6604
## 6	377.9894 297.4208	495.0667	471.0199
## 7	372.0310 296.8566	501.0394	459.7635
## 8	365.0171 289.5115	508.4172	482.2675
## 9	394.3945 323.8770	507.7911	495.7093
## 10	393.8126 339.7322	482.6590	451.6065
## 11	384.5755 310.7582	495.2810	435.5185
## 12	372.4470 311.8237	498.2495	407.9688
## 13	344.9816 227.1596	464.8513	378.6392
## 14	330.9450 237.0958	432.2612	333.2663
## 15	329.4780 280.6585	463.3482	364.9747
## 16	351.5174 270.5330	429.6898	353.5214
## 17	368.5619 312.0977	442.2216	393.2160
##	treptow_koepenick total		
## 1	234.6767 4300.367		
## 2	237.3749 4604.759		
## 3	229.9027 4360.758		
## 4	249.6980 4333.933		
## 5	266.2393 4439.307		
## 6	252.5663 4104.045		
## 7	250.9305 4082.187		
## 8	268.1575 4125.395		
## 9	312.8423 4450.679		
## 10	255.2892 4116.304		
## 11	264.3958 4171.740		

```
## 12      235.1742 4046.696
## 13      188.2448 3509.463
## 14      216.3241 3280.266
## 15      231.9750 3676.228
## 16      222.2915 3465.873
## 17      250.1079 3692.675
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.1.5 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, Veränderung in Prozent

```
getDeviationsFromMean <- function(input_data,xVar,colsToAvgOver) {
  input_data <- input_data[, c(xVar, colsToAvgOver)]
  input_data$meanVal <- rowMeans(input_data[, colsToAvgOver])
  for (colName in colsToAvgOver) {
    input_data[[colName]] <- 100.0*(input_data[[colName]] - input_data[["meanVal"]])/input_data[["meanVal"]]
  }
  return(input_data)
}
```

```
berlin_co2_all_devFromMean <- getDeviationsFromMean(berlin_co2_all,
                                                    xVar = "abrechnungsjahr",
                                                    colsToAvgOver = names(berlin_co2_all)[
                                                        !(names(berlin_co2_all)
                                                            ) %in% c("abrechnungsjahr","total"))]
)
```

```
#berlin_co2_all_devFromMean
```

```
plotDevFromMean <- function(input_data,xVar,yVar,ymin,ymax,ylabel,plot_title) {
  input_data <- input_data[, c(xVar,yVar)]
  input_data$p_or_m <- as.integer(input_data[[yVar]] > 0)
  input_data$p_or_m[input_data$p_or_m == 0] <- "g_green"
  input_data$p_or_m[input_data$p_or_m == 1] <- "r_red"
  return(
    ggplot(data=input_data,aes(x=get(xVar),y=get(yVar),fill=p_or_m))+geom_bar(stat="identity")+scale_fill_discrete(
    )
    #
  )
}
```

```
ymin <- min(berlin_co2_all_devFromMean[,
                                         names(berlin_co2_all_devFromMean)[
                                             !(names(berlin_co2_all_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
                                                                 "meanVal"))
                                         ]])
ymax <- max(berlin_co2_all_devFromMean[,
                                         names(berlin_co2_all_devFromMean)[
                                             !(names(berlin_co2_all_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
                                                                 "meanVal"))
                                         ]])
```

```

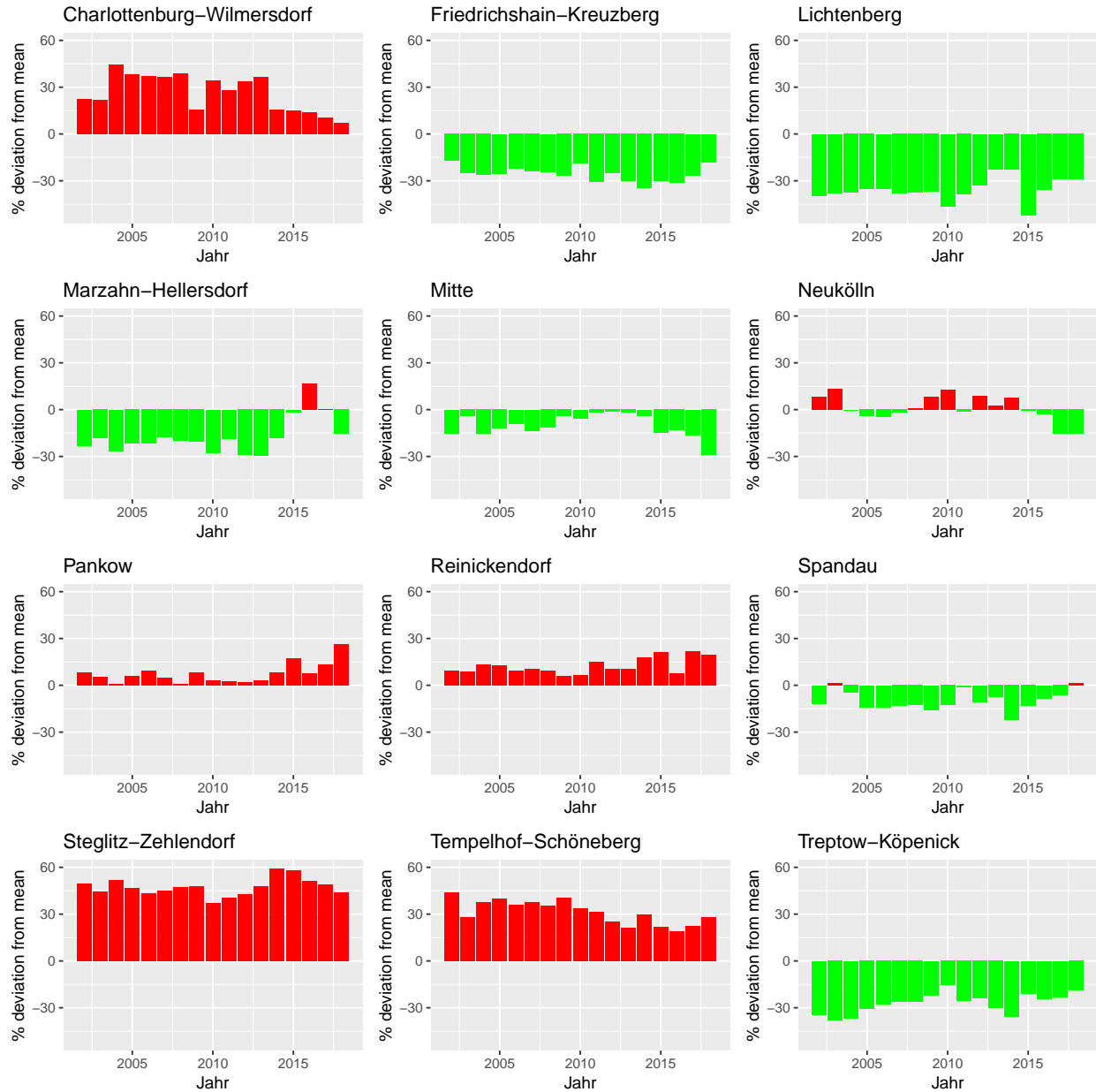
#plotDevFromMean(berlin_co2_all_devFromMean, "abrechnungsjahr", "mitte", yMin=yMin, yMax=yMax)
g_co2dev_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2dev_bezirk[[ii]] <- plotDevFromMean(input_data = berlin_co2_all_devFromMean,
                                           xVar = "abrechnungsjahr",
                                           yVar = bezirk_list[ii],
                                           ymin=ymin,
                                           ymax=ymax,
                                           ylabel="% deviation from mean",
                                           plot_title = bezirk_name[ii])
}

```

```

require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2dev_bezirk[[1]], g_co2dev_bezirk[[2]], g_co2dev_bezirk[[3]], g_co2dev_bezirk[[4]],
             g_co2dev_bezirk[[5]], g_co2dev_bezirk[[6]], g_co2dev_bezirk[[7]], g_co2dev_bezirk[[8]],
             g_co2dev_bezirk[[9]], g_co2dev_bezirk[[10]], g_co2dev_bezirk[[11]], g_co2dev_bezirk[[12]], ncol=4)

```



```
berlin_co2_all_devFromMean
```

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	22.090781	-17.05852
## 2	2003	21.586108	-24.94270
## 3	2004	44.175734	-26.30410
## 4	2005	38.185196	-25.36919
## 5	2006	36.900579	-22.29647
## 6	2007	36.674214	-23.85525
## 7	2008	38.642560	-24.18926
## 8	2009	15.740443	-26.65483
## 9	2010	34.051645	-18.84766
## 10	2011	28.061958	-30.58297
## 11	2012	33.425691	-24.99781



## 12	2013	36.567904	-30.01185
## 13	2014	15.716927	-34.63175
## 14	2015	15.216708	-30.14122
## 15	2016	13.694048	-31.37784
## 16	2017	10.391237	-26.44885
## 17	2018	6.970215	-18.02211
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf	mitte neukoelln	pankow
## 1	-39.54908	-23.1922320 -15.264843	7.9692644 8.4682370
## 2	-37.88611	-18.3797259 -4.194423	13.2629367 5.4905934
## 3	-37.69046	-26.5539298 -15.522185	-0.4344250 0.7489483
## 4	-35.32862	-21.8354434 -12.185116	-4.0567792 5.7532418
## 5	-35.00044	-21.7583420 -8.997635	-4.7127637 9.2093110
## 6	-38.28942	-17.6533366 -13.426574	-1.9943968 4.7312869
## 7	-37.74753	-20.0639471 -11.437753	0.8868088 1.0816561
## 8	-37.09454	-20.7543406 -4.202271	7.9776552 8.4242335
## 9	-46.33953	-27.6330836 -5.636831	12.8769981 2.9521237
## 10	-38.72760	-18.6322542 -1.895240	-1.2230549 2.3701400
## 11	-32.77725	-29.2086995 -1.416511	9.0253468 2.1390318
## 12	-22.51442	-29.4839287 -1.826124	2.5700944 3.3195026
## 13	-22.79411	-18.4383287 -3.903066	7.6222445 8.0102901
## 14	-51.92796	-1.7011769 -14.890112	-0.7246658 17.1806759
## 15	-35.80680	16.4765174 -13.256721	-2.8329618 7.8379937
## 16	-29.06344	0.2085929 -16.345375	-15.6327102 13.3778485
## 17	-29.18057	-15.4795952 -28.953951	-15.4190350 26.1254765
##	reinickendorf	spandau steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg
## 1	9.598430 -11.8295997	49.52386	43.75812
## 2	8.689582 1.5523144	44.68274	28.27881
## 3	13.461528 -4.6793994	51.92100	37.61230
## 4	12.689869 -14.0530957	46.91004	40.15233
## 5	9.307937 -14.1529245	43.38724	36.14569
## 6	10.521988 -13.0358172	44.75474	37.72359
## 7	9.362271 -12.7360094	47.28557	35.15210
## 8	6.176635 -15.7865451	47.88902	40.28255
## 9	6.337348 -12.6756969	36.91155	33.65403
## 10	14.805689 -0.9600255	40.70654	31.65398
## 11	10.623040 -10.6104809	42.46745	25.27680
## 12	10.444741 -7.5323733	47.74999	20.97833
## 13	17.960489 -22.3267117	58.94785	29.46911
## 14	21.067599 -13.2646679	58.13150	21.91677
## 15	7.548710 -8.3870145	51.24683	19.13558
## 16	21.706962 -6.3325370	48.77281	22.40078
## 17	19.770694 1.4216555	43.70772	27.78251
##	treptow_koepenick	meanVal	
## 1	-34.51442 358.3639		
## 2	-38.14012 383.7299		
## 3	-36.73502 363.3965		
## 4	-30.86243 361.1611		
## 5	-28.03218 369.9422		
## 6	-26.15102 342.0038		
## 7	-26.23647 340.1823		
## 8	-21.99801 343.7829		
## 9	-15.65089 370.8899		
## 10	-25.57717 343.0253		
## 11	-23.94660 347.6450		

```
## 12      -30.26186 337.2247
## 13      -35.63295 292.4552
## 14      -20.86345 273.3555
## 15      -24.27835 306.3523
## 16      -23.03532 288.8228
## 17      -18.72300 307.7229
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.1.6 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, in Prozent

- Pending

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 1.2 Flächenbezug

```
i_subsubsection <- 1
```

### 1.2.1 Berlin, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co<sub>2</sub> Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in kg/m<sup>2</sup> [AN]

Here you have to get the areas of SFH and MFH buildings...

- Short method: Do as in BerlinPresentationCO<sub>2</sub>BalanceUnified\_v7.Rmd. I.e. read directly from the file for total Berlin areas.

```
totalArea <- read.table("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/berlin_wohnflaeche.txt",header=TRUE)
totalArea <- totalArea*1000000
totalArea$totArea <- rowSums(totalArea)
totalArea$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#totalArea <- totalArea[, c("abrechnungsjahr","totArea")]
#totalArea
```

- Long method: find for each bezirk separately, and add them. The units of Bezirk areas are 100 m-squared in the original file. So multiply with 100 to get the areas in m<sup>2</sup>.

```
bezirk_areas_sfh <- 100*getRowSums(obj=alle_bezirke_co2$areas_sfh , dropCols = "abrechnungsjahr")
bezirk_areas_mfh <- 100*getRowSums(obj=alle_bezirke_co2$areas_mfh , dropCols = "abrechnungsjahr")
bezirk_areas_all <- bezirk_areas_mfh + bezirk_areas_sfh
bezirk_areas_all$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#bezirk_areas_all
```

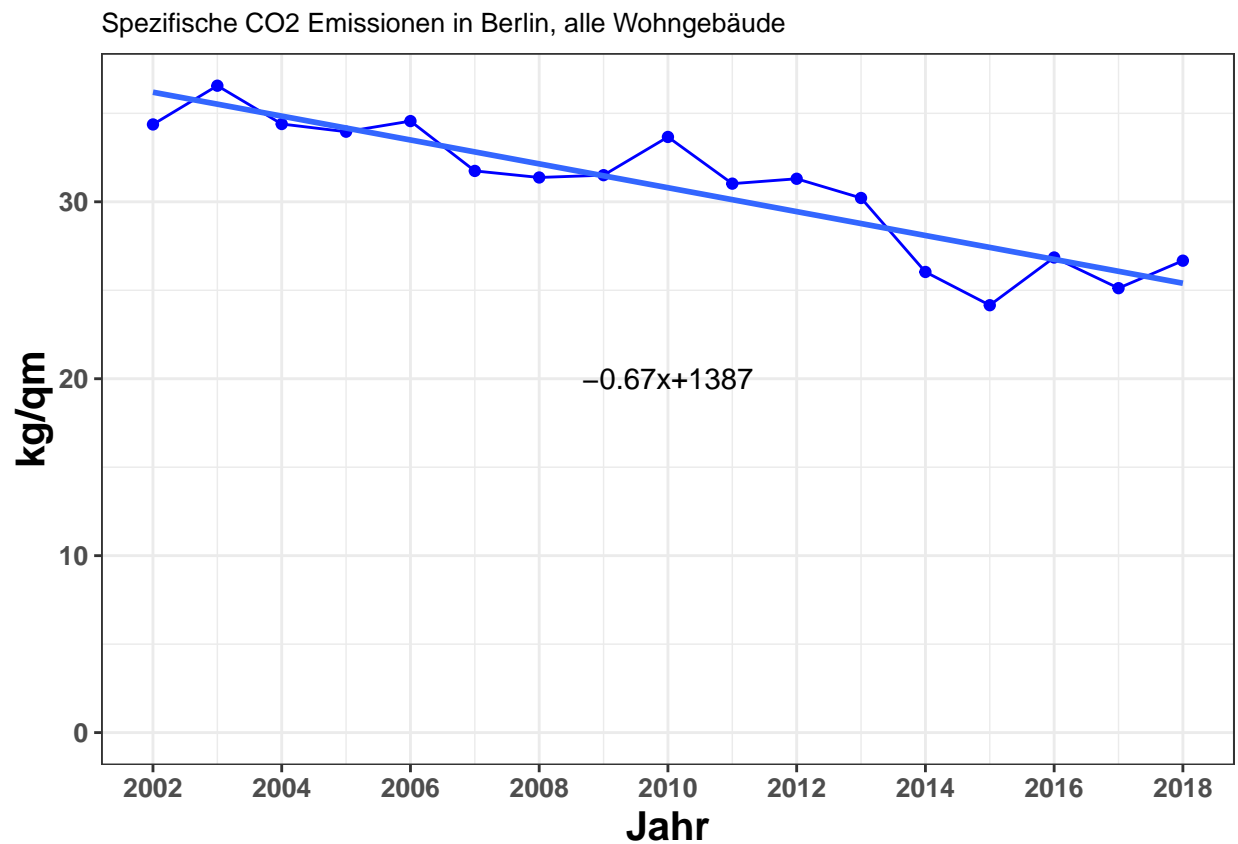
*WHY DO I GET A FACTOR OF 1.4 OFF IN THE TWO METHODS ????*

Use the long method.

```
#spz_co2 <- 1e6*berlin_co2_all$total/totalArea$totArea
spz_co2 <- 1e6*berlin_co2_all$total/bezirk_areas_all$total
spez_co2_emission <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018 , spez_co2 = spz_co2 )
```

```
#spez_co2_emission
```

```
points_line_lm(input_data = spez_co2_emission,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "spez_co2",
               ymin=0,
               ymax=max(spez_co2_emission$spez_co2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 20,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kg/qm")
```



```
spez_co2_emission
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2
## 1             2002 34.37184
## 2             2003 36.56125
## 3             2004 34.39632
```

```
## 4      2005 33.96149
## 5      2006 34.56152
## 6      2007 31.74543
## 7      2008 31.37412
## 8      2009 31.50442
## 9      2010 33.66437
## 10     2011 31.02535
## 11     2012 31.30158
## 12     2013 30.21521
## 13     2014 26.03424
## 14     2015 24.15518
## 15     2016 26.85315
## 16     2017 25.11814
## 17     2018 26.67217
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.2.2 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in kg/m2 [AN]

*Is this not similar to 7.2.1?*

*Or am I supposed to show the pictures of all the bezirke simultaneously?*

```
#berlin_co2_all
```

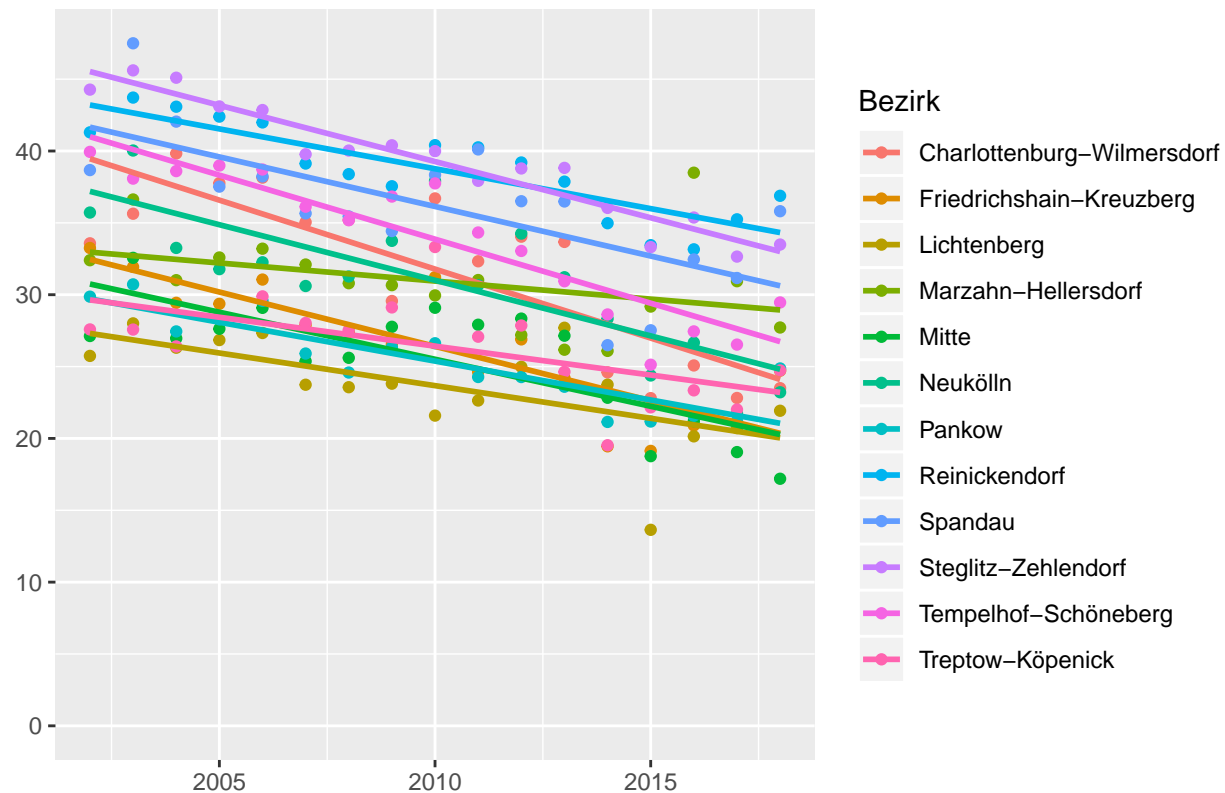
```
#bezirk_areas_all
```

```
bezirke_spez_co2 <- 1e6*berlin_co2_all/bezirk_areas_all
bezirke_spez_co2$abrechnungsjahr <- 2002:2018
```

```
#bezirke_spez_co2
```

```
plot_reqdColumns(bezirke_spez_co2,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(bezirke_spez_co2)[!(names(bezirke_spez_co2) %in% c("abrechnungsjahr", "abrechnungsjahr"))],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "kg/qm",
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude")
```

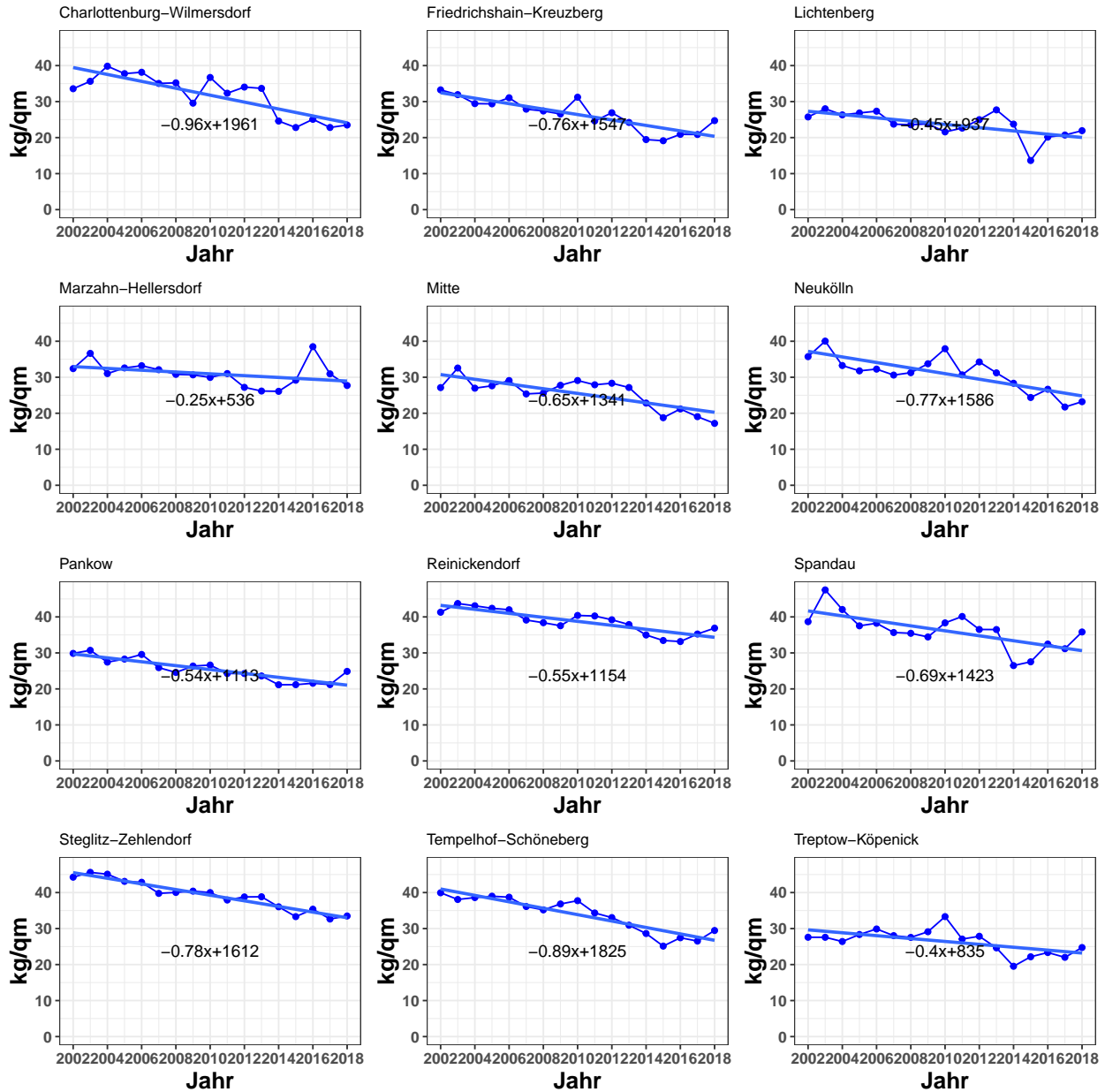
## Spezifische CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude



```

reqdCols <- names(bezirke_spez_co2)[!(names(bezirke_spez_co2) %in% c("abrechnungsjahr", "total"))]
ymax <- max(bezirke_spez_co2[, reqdCols])
g_co2spez_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2spez_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = bezirke_spez_co2,
                                           xVar = "abrechnungsjahr",
                                           yVar = bezirk_list[ii],
                                           ymin=0,
                                           ymax=ymax,
                                           x_eq = 2010,
                                           y_eq = 0.5*ymax,
                                           size_eq = 4,
                                           plot_title = bezirk_name[ii], #Here put bezirk_name[ii]
                                           xlab = "Jahr",
                                           ylab = "kg/qm")
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2spez_bezirk[[1]], g_co2spez_bezirk[[2]], g_co2spez_bezirk[[3]], g_co2spez_bezirk[[4]],
             g_co2spez_bezirk[[5]], g_co2spez_bezirk[[6]], g_co2spez_bezirk[[7]], g_co2spez_bezirk[[8]],
             g_co2spez_bezirk[[9]], g_co2spez_bezirk[[10]], g_co2spez_bezirk[[11]], g_co2spez_bezirk[[12]])

```



bezirke\_spez\_co2

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	33.57633	33.25013
## 2	2003	35.63707	31.93619
## 3	2004	39.83281	29.43672
## 4	2005	37.76728	29.37096
## 5	2006	38.14932	31.05559
## 6	2007	35.04844	27.89548
## 7	2008	35.20240	27.39269
## 8	2009	29.56346	26.55878
## 9	2010	36.70257	31.22130
## 10	2011	32.32556	24.62033

## 11	2012		34.03863		26.89136
## 12	2013		33.67363		24.21386
## 13	2014		24.59735		19.44988
## 14	2015		22.80240		19.13302
## 15	2016		25.07753		20.90341
## 16	2017		22.81435		20.86292
## 17	2018		23.49628		24.71456
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	25.74273	32.40022	27.12654	35.71894	29.86472
## 2	28.00612	36.62810	32.56488	40.03452	30.71854
## 3	26.31113	31.01205	26.96583	33.25525	27.44592
## 4	26.84331	32.59122	27.62785	31.77875	28.28854
## 5	27.33620	33.20381	29.08586	32.25844	29.56863
## 6	23.73593	32.10236	25.37217	30.60638	25.90763
## 7	23.56435	30.80177	25.60813	31.27041	24.58367
## 8	23.81115	30.66618	27.76906	33.74933	26.34354
## 9	21.58769	29.95253	29.09232	37.92080	26.62142
## 10	22.63747	31.02244	27.91180	30.66556	24.27504
## 11	24.98306	27.19995	28.33783	34.25654	24.27026
## 12	27.70244	26.17245	27.14706	31.21682	23.59698
## 13	23.74291	26.09067	22.82952	28.33082	21.14774
## 14	13.63899	29.17570	18.76579	24.38073	21.17523
## 15	20.14313	38.49158	21.20255	26.66823	21.57819
## 16	20.71723	30.94067	19.04854	21.73256	21.20024
## 17	21.92513	27.71826	17.19342	23.21158	24.86834
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	41.30073	38.67256	44.27202	39.93988	
## 2	43.71861	47.49698	45.61158	38.07935	
## 3	43.08342	42.04557	45.10071	38.60183	
## 4	42.39347	37.52266	43.10256	38.98829	
## 5	41.98898	38.23303	42.85232	38.71110	
## 6	39.12643	35.65947	39.77283	36.12468	
## 7	38.38972	35.44719	40.03139	35.18586	
## 8	37.54900	34.43020	40.39878	36.82923	
## 9	40.40720	38.33908	39.99206	37.74676	
## 10	40.25520	40.11100	37.92700	34.33043	
## 11	39.20239	36.50610	38.78625	33.04590	
## 12	37.86954	36.48810	38.82655	30.93720	
## 13	34.97558	26.48813	36.04141	28.62623	
## 14	33.44838	27.52639	33.31339	25.12903	
## 15	33.15902	32.45470	35.37360	27.44831	
## 16	35.24691	31.16201	32.65343	26.52969	
## 17	36.88289	35.81176	33.49101	29.46204	
##	treptow_koepenick	total			
## 1	27.58477	34.37184			
## 2	27.57664	36.56125			
## 3	26.40079	34.39632			
## 4	28.34730	33.96149			
## 5	29.88472	34.56152			
## 6	28.03417	31.74543			
## 7	27.54577	31.37412			
## 8	29.11613	31.50442			
## 9	33.31974	33.66437			
## 10	27.07834	31.02535			

```
## 11      27.85871 31.30158
## 12      24.63718 30.21521
## 13      19.52544 26.03424
## 14      22.16163 24.15518
## 15      23.34528 26.85315
## 16      22.00863 25.11814
## 17      24.73110 26.67217
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.2.3 Stadtbezirke, MFH + 1-2 FH, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m2 [AN]

Extract the 2018 values from the above...

```
bezirke_spez_co2_2018 <- bezirke_spez_co2[bezirke_spez_co2$abrechnungsjahr==2018 , ]
#bezirke_spez_co2_2018
```

```
bezirke_spezco2_2018 <- as.data.frame(t(bezirke_spez_co2_2018))
bezirke_spezco2_2018$bezirk <- row.names(bezirke_spezco2_2018)
names(bezirke_spezco2_2018) <- c("wert", "bezirk")
bezirke_spezco2_2018 <- bezirke_spezco2_2018[bezirke_spezco2_2018$bezirk!="abrechnungsjahr" , ]
#bezirke_spezco2_2018
```

Here it makes more sense to put in the values of the linear trend...

```
linearizer <- function(obj, dropCols, xVar) {
  obj_new <- obj[ , !(names(obj) %in% dropCols)]
  feature_list <- names(obj_new)[ !(names(obj_new) %in% c(dropCols, xVar)) ]
  storage <- list()
  for (feature in feature_list) {
    storage[[feature]] <- lm(get(feature) ~ get(xVar) , data = obj)
    obj_new[[feature]] <- as.numeric(predict(storage[[feature]] , newdata = obj))
  }
  return(obj_new)
}
```

```
bezirke_spez_co2_linear <- linearizer(bezirke_spez_co2 , dropCols = NULL , xVar = "abrechnungsjahr")
```

```
bezirke_spez_co2_linear_2018 <- bezirke_spez_co2_linear[bezirke_spez_co2_linear$abrechnungsjahr==2018 , ]
bezirke_spezco2_linear_2018 <- as.data.frame(t(bezirke_spez_co2_linear_2018))
bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk <- row.names(bezirke_spezco2_linear_2018)
names(bezirke_spezco2_linear_2018) <- c("wert", "bezirk")
bezirke_spezco2_linear_2018 <- bezirke_spezco2_linear_2018[!(bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk%in%c("abrechnungsjahr")) , ]
#bezirke_spezco2_linear_2018
```

Now make a bar plot of these.

```
bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk <- factor(
  bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk ,
  levels = bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk[order(bezirke_spezco2_linear_2018$wert)])
```

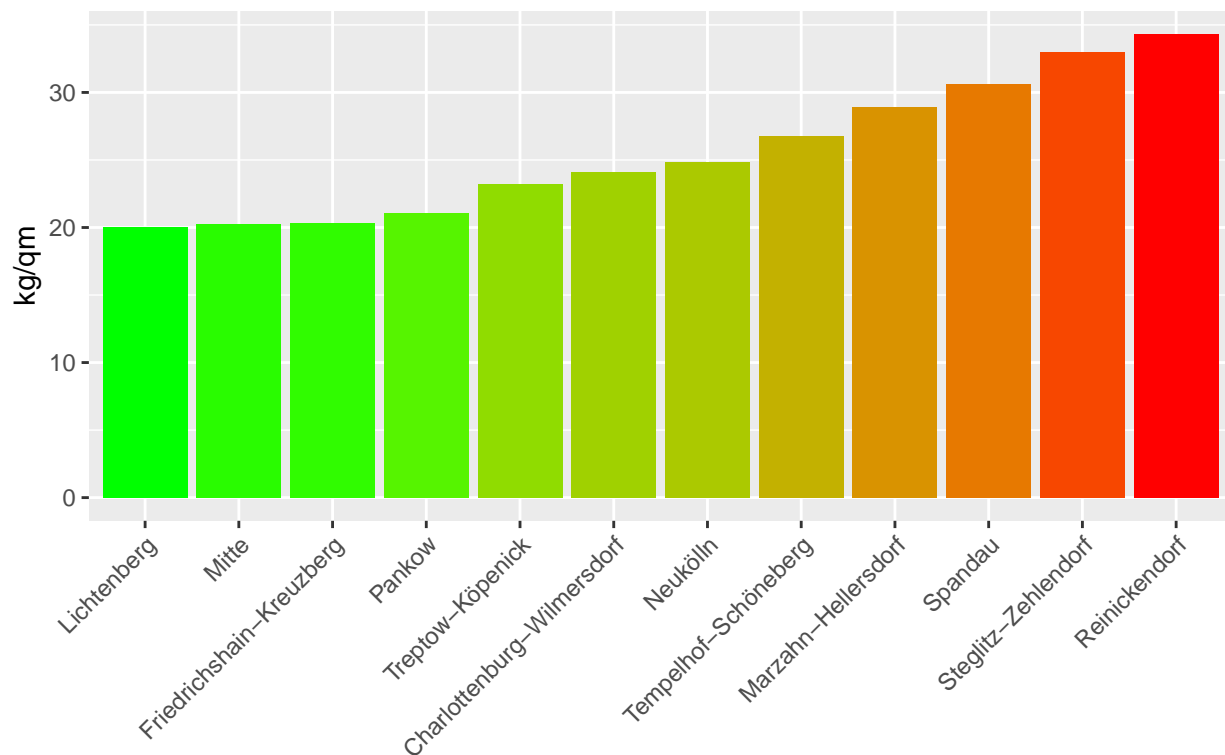


```
#barplot(bezirke_spezco2_linear_2018$wert)
ggplot(data=bezirke_spezco2_linear_2018,aes(x=bezirk,y=wert,fill=wert))+geom_bar(stat="identity")+scale_
  low="green",high="red"
)+theme(legend.position="none",axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=1))+labs(x=" ",y="kg/qm",title="")

plot_spezCO2_2018 <- function(obj,plot_title) {
  obj$bezirk <- get_BezirkNames(obj$bezirk)
  obj$bezirk <- factor(obj$bezirk ,
    levels = obj$bezirk[order(obj$wert)])
  return(
    ggplot(data=obj,aes(x=bezirk,y=wert,fill=wert))+geom_bar(stat="identity")+scale_fill_gradient(
      low="green",high="red"
    )+theme(legend.position="none",axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=1))+labs(x=" ",y="kg/qm",tit
  )
}
```

```
plot_spezCO2_2018(obj = bezirke_spezco2_linear_2018 ,
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen 2018, alle Wohngebäude")
```

### Spezifische CO2 Emissionen 2018, alle Wohngebäude



```
bezirke_spezco2_linear_2018
```

```
##
## charlottenburg_wilmersdorf 24.10319 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg 20.35541 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg 20.03695 lichtenberg
```

```
## marzahn_hellersdorf      28.94024      marzahn_hellersdorf
## mitte                   20.27215      mitte
## neukoelln               24.81356      neukoelln
## pankow                  21.05257      pankow
## reinickendorf           34.32516      reinickendorf
## spandau                 30.62220      spandau
## steglitz_zehlendorf     33.00652      steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg   26.73684      tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick      23.20318      treptow_koepenick
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

#### 1.2.4 Berlin, flächenbezogene co2 Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002-2008, 2002=100

The per unit area co2 emission when the 2002 value is 100.

spez\_co2\_emission contains the berlin values of the specific co2 emission.

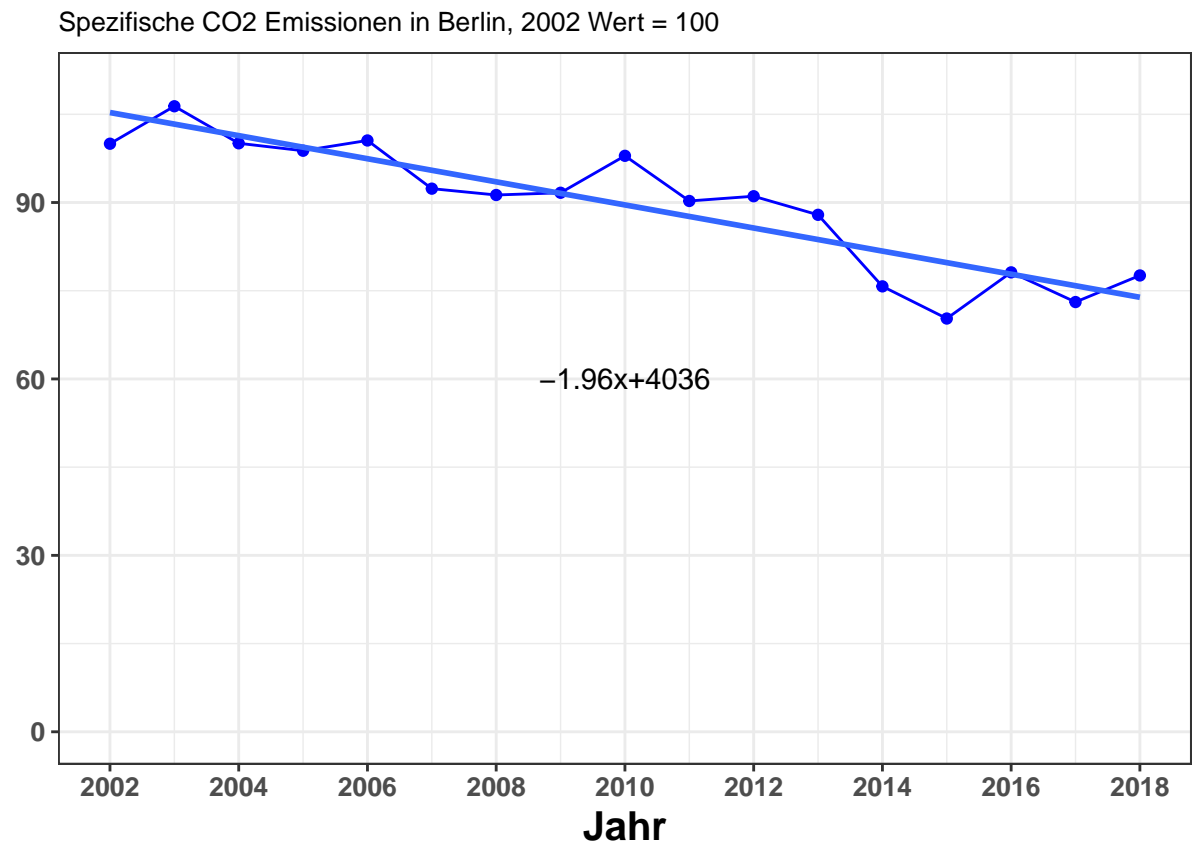
```
#spez_co2_emission
```

```
get2002as100 <- function(obj,dropCols) {
  isNotDropCol <- !(names(obj) %in% dropCols)
  for (xvar in names(obj)[isNotDropCol]) {
    obj[[xvar]] <- 100*obj[[xvar]]/obj[[xvar]][1]
  }
  return(obj)
}
```

```
get2002as100(spez_co2_emission , "abrechnungsjahr")
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2
## 1      2002 100.00000
## 2      2003 106.36977
## 3      2004 100.07121
## 4      2005  98.80616
## 5      2006 100.55185
## 6      2007  92.35885
## 7      2008  91.27855
## 8      2009  91.65764
## 9      2010  97.94172
## 10     2011  90.26386
## 11     2012  91.06752
## 12     2013  87.90689
## 13     2014  75.74294
## 14     2015  70.27608
## 15     2016  78.12543
## 16     2017  73.07767
## 17     2018  77.59889
```

```
points_line_lm(input_data = get2002as100(spez_co2_emission , "abrechnungsjahr"),
  xVar = "abrechnungsjahr",
  yVar = "spez_co2",
  ymin=0,
  ymax=110,
  x_eq = 2010,
  y_eq = 60,
  size_eq = 4,
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, 2002 Wert = 100",
  xlab = "Jahr",
  ylab = " ")
```



```
get2002as100(spez_co2_emission , "abrechnungsjahr")
```

```
##   abrechnungsjahr  spez_co2
## 1             2002 100.00000
## 2             2003 106.36977
## 3             2004 100.07121
## 4             2005  98.80616
## 5             2006 100.55185
## 6             2007  92.35885
## 7             2008  91.27855
## 8             2009  91.65764
## 9             2010  97.94172
## 10            2011  90.26386
```

```
## 11      2012  91.06752
## 12      2013  87.90689
## 13      2014  75.74294
## 14      2015  70.27608
## 15      2016  78.12543
## 16      2017  73.07767
## 17      2018  77.59889
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.2.5 Alle Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogene co2 Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002-2018 und Niveau 2018 (Rang-folge)

Take the Berlin specific CO2 emission for 2018 as the baseline, Subtract from this the 2018 value of specific co2 emission of Stadtbezirk X. Do for all the bezirks and make a barplot.

Make a linear trend of `spez_co2_emission`. This is the value for Berlin total. The 2018 value is the baseline. `bezirke_spezco2_linear_2018` gives the 2018 values of the linear trend for the bezirke.

First find the linear trend:

```
spez_co2_emission_linear <- linearizer(spez_co2_emission,dropCols=NULL,xVar="abrechnungsjahr")
spez_co2_emission_linear_2018 <- spez_co2_emission_linear$spez_co2[spez_co2_emission_linear$abrechnungs-
#spez_co2_emission_linear_2018
```

```
#bezirke_spezco2_linear_2018
```

```
bezirke_spezco2_linear_2018$dev_from_berlin <- bezirke_spezco2_linear_2018$wert - spez_co2_emission_lin
```

```
#bezirke_spezco2_linear_2018
```

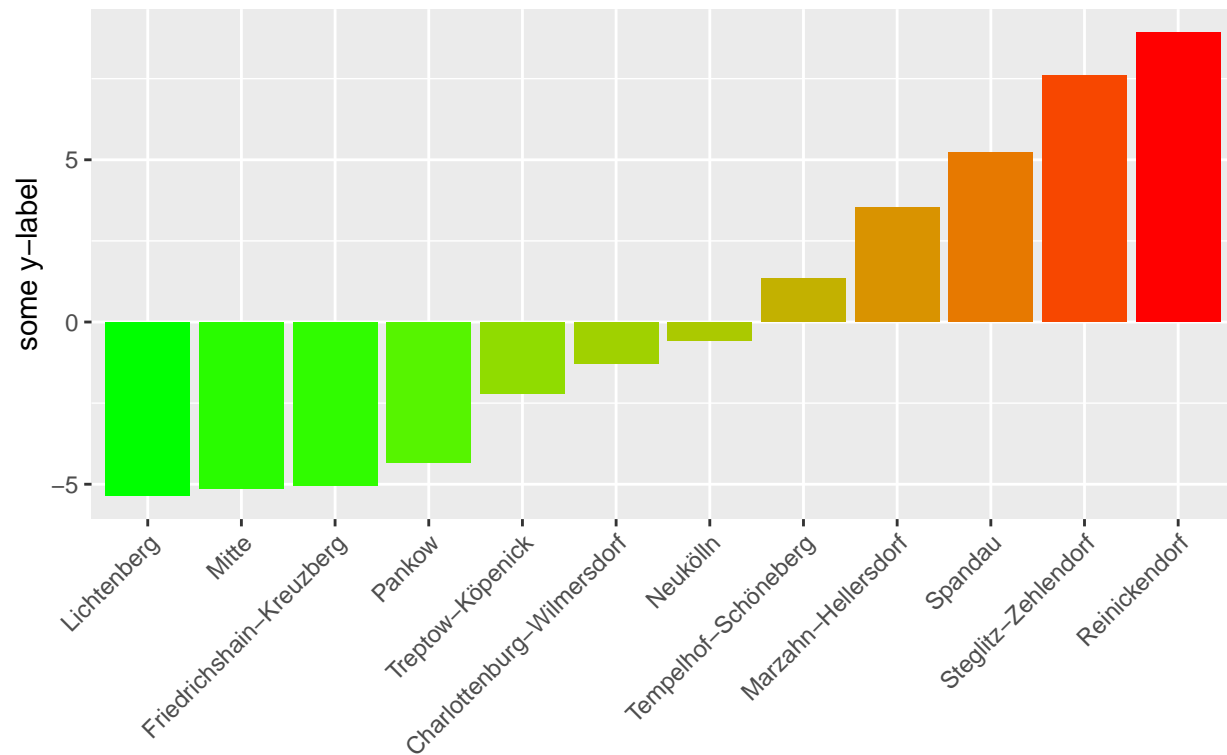
```
bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk <- factor(
  bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk ,
  levels = bezirke_spezco2_linear_2018$bezirk[order(bezirke_spezco2_linear_2018$dev_from_berlin)])
```

```
ggplot(data=bezirke_spezco2_linear_2018,aes(x=bezirk,y=dev_from_berlin,fill=dev_from_berlin))+geom_bar(
  low="green",high="red"
)+theme(legend.position="none",axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=1))+labs(x=" ")#+coord_flip()
```

```
plot_devFromBerlin2018 <- function(obj,
                                   plot_title=NULL,
                                   ylabel = NULL) {
  obj$bezirk <- get_BezirkNames(obj$bezirk)
  obj$bezirk <- factor(obj$bezirk , levels = obj$bezirk[order(obj$dev_from_berlin)])
  return(
    ggplot(data=obj,aes(x=bezirk,y=dev_from_berlin,fill=dev_from_berlin))+geom_bar(stat="identity")+sca
    low="green",high="red"
  )+theme(legend.position="none",axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=1))+labs(x=" ",y=ylabel,title=pl
  )
}
```

```
plot_devFromBerlin2018(bezirke_spezco2_linear_2018,
  "2018 deviation from Berlin",
  "some y-label")
```

## 2018 deviation from Berlin



bezirke\_spezco2\_linear\_2018

```
##
##          wert          bezirk
## charlottenburg_wilmersdorf 24.10319 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg 20.35541 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg 20.03695 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf 28.94024 marzahn_hellersdorf
## mitte 20.27215 mitte
## neukoelln 24.81356 neukoelln
## pankow 21.05257 pankow
## reinickendorf 34.32516 reinickendorf
## spandau 30.62220 spandau
## steglitz_zehlendorf 33.00652 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg 26.73684 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick 23.20318 treptow_koepenick
##
##          dev_from_berlin
## charlottenburg_wilmersdorf -1.2935464
## friedrichshain_kreuzberg -5.0413333
## lichtenberg -5.3597898
## marzahn_hellersdorf 3.5434984
## mitte -5.1245909
## neukoelln -0.5831814
## pankow -4.3441681
## reinickendorf 8.9284220
## spandau 5.2254568
## steglitz_zehlendorf 7.6097822
```

```
## tempelhof_schoeneberg      1.3401033
## treptow_koepenick        -2.1935588
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

## 1.2.6 Berlin, alle Wohngebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2002-2018

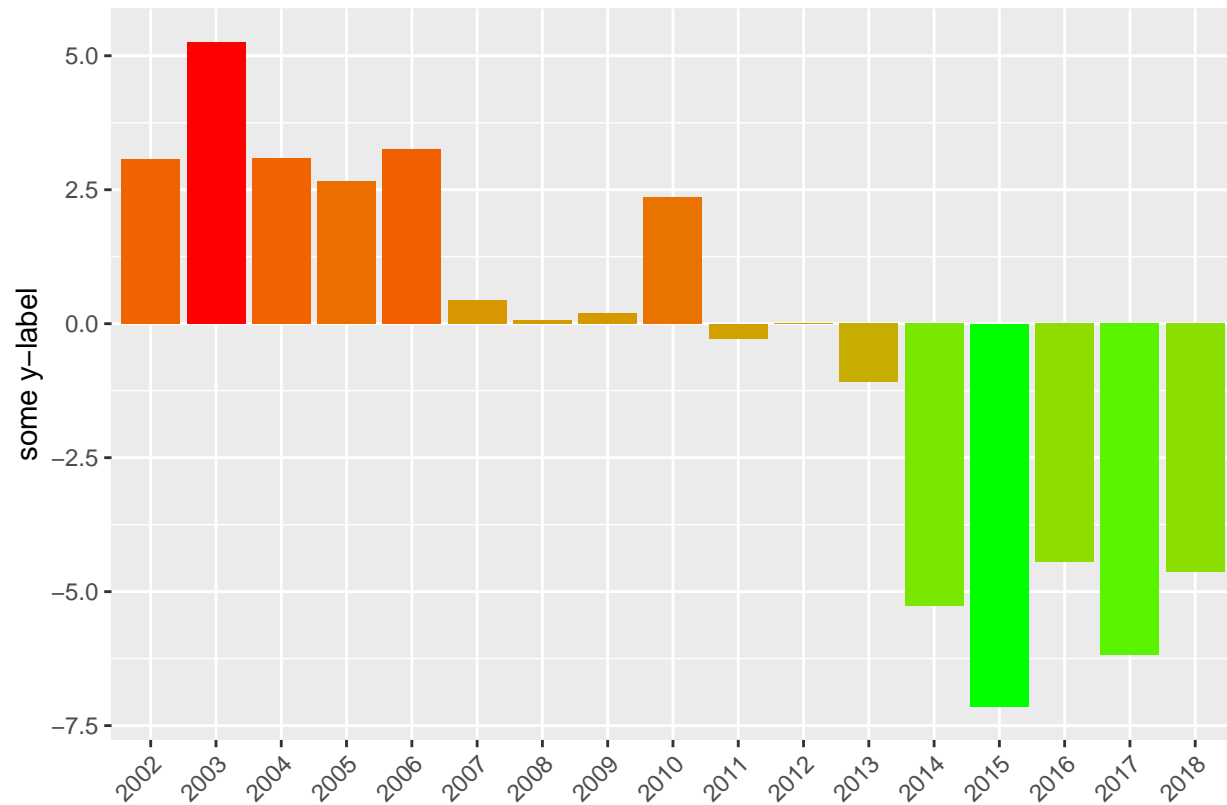
Take the 2012 value of specific co2 emission as the base line. Plot the changes of each year with respect to this value.

spez\_co2\_emission contains the berlin specific co2 emissions.

```
changeFrom2012 <- function(obj) {
  wert2012 <- obj$spez_co2[obj$abrechnungsjahr==2012]
  obj$delta2012 <- obj$spez_co2 - wert2012
  return(obj)
}
barPlot_delta2012 <- function(obj, ylabel=NULL, plot_title=NULL) {
  obj$abrechnungsjahr <- as.character(obj$abrechnungsjahr)
  require(ggplot2)
  return(
    ggplot(data=obj, aes(x=abrechnungsjahr, y=delta2012, fill=delta2012)) + geom_bar(stat="identity") + scale_fill_
      low="green", high="red"
    ) + theme(legend.position="none", axis.text.x=element_text(angle=45, hjust=1)) + labs(x=" ", y=ylabel, title=
  )
}
```

```
#changeFrom2012(spez_co2_emission)
```

```
barPlot_delta2012(changeFrom2012(spez_co2_emission), "some y-label")
```



```
changeFrom2012(spez_co2_emission)
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2   delta2012
## 1         2002  34.37184   3.07025788
## 2         2003  36.56125   5.25966585
## 3         2004  34.39632   3.09473469
## 4         2005  33.96149   2.65991335
## 5         2006  34.56152   3.25993870
## 6         2007  31.74543   0.44385411
## 7         2008  31.37412   0.07253498
## 8         2009  31.50442   0.20283479
## 9         2010  33.66437   2.36278999
## 10        2011  31.02535  -0.27623206
## 11        2012  31.30158   0.00000000
## 12        2013  30.21521  -1.08636598
## 13        2014  26.03424  -5.26733936
## 14        2015  24.15518  -7.14639860
## 15        2016  26.85315  -4.44843309
## 16        2017  25.11814  -6.18344319
## 17        2018  26.67217  -4.62941443
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 1.3 Emission pro Einwohner

```
i_subsubsection <- 1
```

### 1.3.1 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner

```
bezirk_population <- read.csv2("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/PopulationBezirke/Be  
names(bezirk_population) <- c("bezirk",2002:2018)  
#converting data from wide to long: http://www.cookbook-r.com/Manipulating_data/Converting_data_between  
# look at the reshape2 option. id.vars has to be bezirk  
require(reshape2)  
bezirk_population <- melt(bezirk_population,id.vars = "bezirk")  
#convert $variable and $value to numeric  
bezirk_population$variable <- as.character(bezirk_population$variable)  
bezirk_population$variable <- as.numeric(bezirk_population$variable)  
bezirk_population$value <- gsub("\\.", "",bezirk_population$value)  
bezirk_population$value <- as.numeric(bezirk_population$value)  
names(bezirk_population) <- c("bezirk","abrechnungsjahr","population")  
  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Berlin-Mitte"] <- "mitte"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Charlottenburg Wilmersdorf"] <- "charlottenburg_wi  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Friedrichshain - Kreuzberg"] <- "friedrichshain_kr  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Lichtenberg"] <- "lichtenberg"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Marzahn-Hellersdorf"] <- "marzahn_hellersdorf"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Neukölln"] <- "neukoelln"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Pankow"] <- "pankow"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Reinickendorf"] <- "reinickendorf"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Spandau"] <- "spandau"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Steglitz Zehlendorf"] <- "steglitz_zehlendorf"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Tempelhof-Schöneberg"] <- "tempelhof_schoeneberg"  
bezirk_population$bezirk[ bezirk_population$bezirk=="Treptow-Köpenick"] <- "treptow_koepenick"  
bezirk_population  
dcast(bezirk_population , abrechnungsjahr~bezirk,value.var = "population")
```

from: Johannes Hengstenberg johanneshengstenberg@gmail.com to: Bhaskar Kamble kbhaskar.iitk@gmail.  
com date: Jun 17, 2019, 7:46 PM subject: Population Data for the Bezirke

from: Johannes Hengstenberg johanneshengstenberg@gmail.com to: Bhaskar Kamble kbhaskar.iitk@gmail.  
com date: Jun 16, 2019, 3:09 PM subject: Population of Berlin

Now you know the population, so can find per capita co2 emissions.

```
source("D:/GITHUB_REPOS/co2emissions/Berlin/BezirkAnalysis/getBerlinBezirkPopulation.R")  
bezirk_population <- getBerlinBezirkPopulation()  
#bezirk_population
```

```
bezirk_population <- getRowSums(bezirk_population , dropCols = "abrechnungsjahr")  
#bezirk_population
```



```

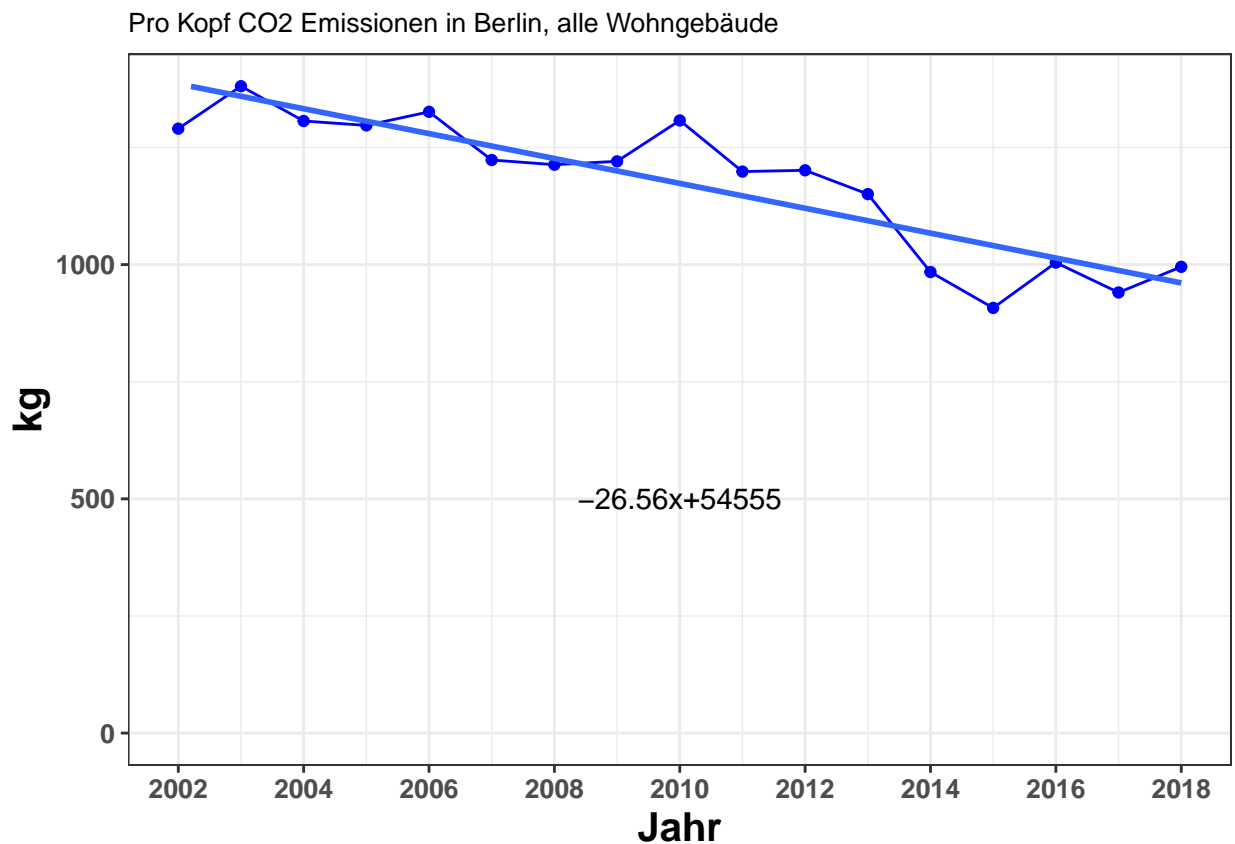
berlin_co2_percapita <- 1e6*berlin_co2_all$total / bezirk_population$total
#bezirk_co2_percapita$abrechnungsjahr <- 2002:2018
berlin_co2_percapita <- data.frame( abrechnungsjahr = 2002:2018 , co2_percapita = berlin_co2_percapita)
#berlin_co2_percapita

```

```

points_line_lm(input_data = berlin_co2_percapita,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "co2_percapita",
               ymin=0,
               ymax=max(berlin_co2_percapita$co2_percapita),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 500,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Pro Kopf CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kg")

```



```
berlin_co2_percapita
```

```

##   abrechnungsjahr co2_percapita
## 1             2002      1290.1621
## 2             2003      1380.8363
## 3             2004      1306.5680
## 4             2005      1297.1615

```

```
## 5      2006      1326.1114
## 6      2007      1223.2912
## 7      2008      1213.2947
## 8      2009      1220.4553
## 9      2010      1307.7297
## 10     2011      1198.5932
## 11     2012      1201.2689
## 12     2013      1150.5135
## 13     2014       984.1460
## 14     2015       907.5403
## 15     2016      1004.2682
## 16     2017       940.4804
## 17     2018       995.2671
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.3.2. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner

*One Graph: CO2 Emissions in kg/head. All 12 lines in a single plot.*

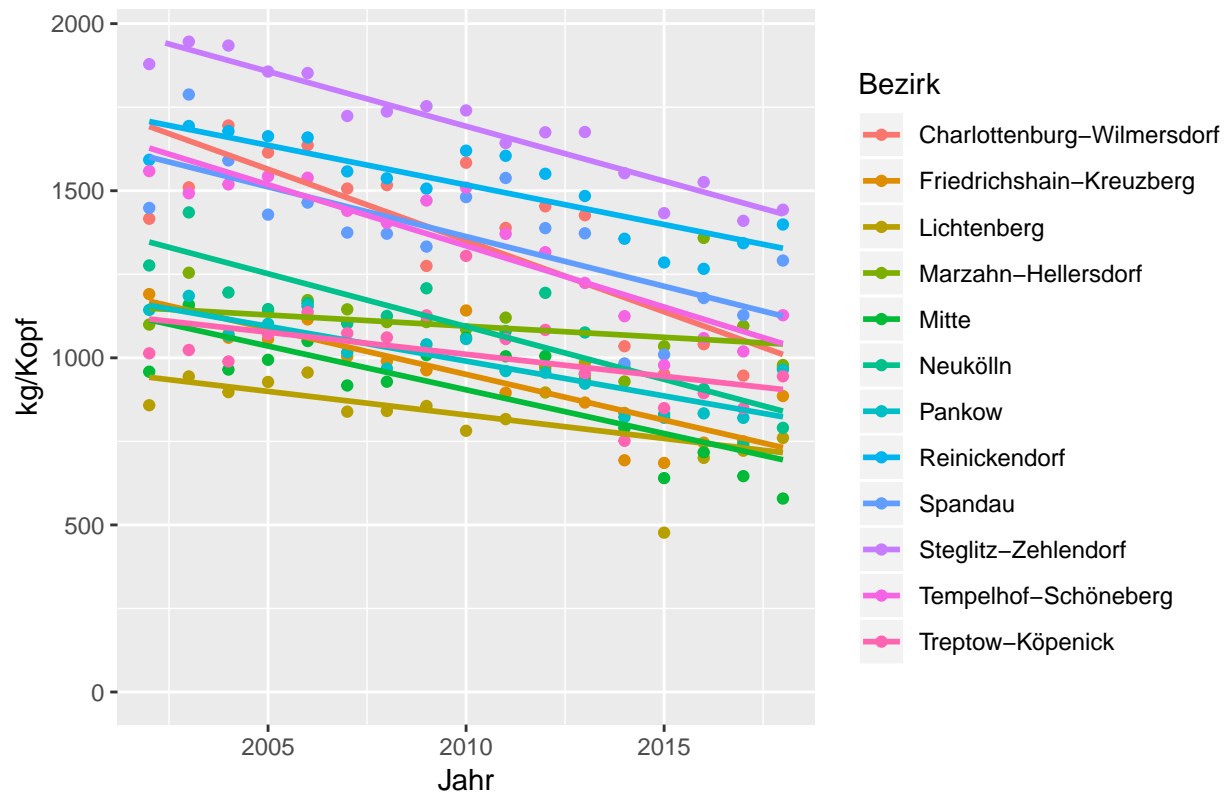
```
#berlin_co2_all
```

```
#bezirk_population
```

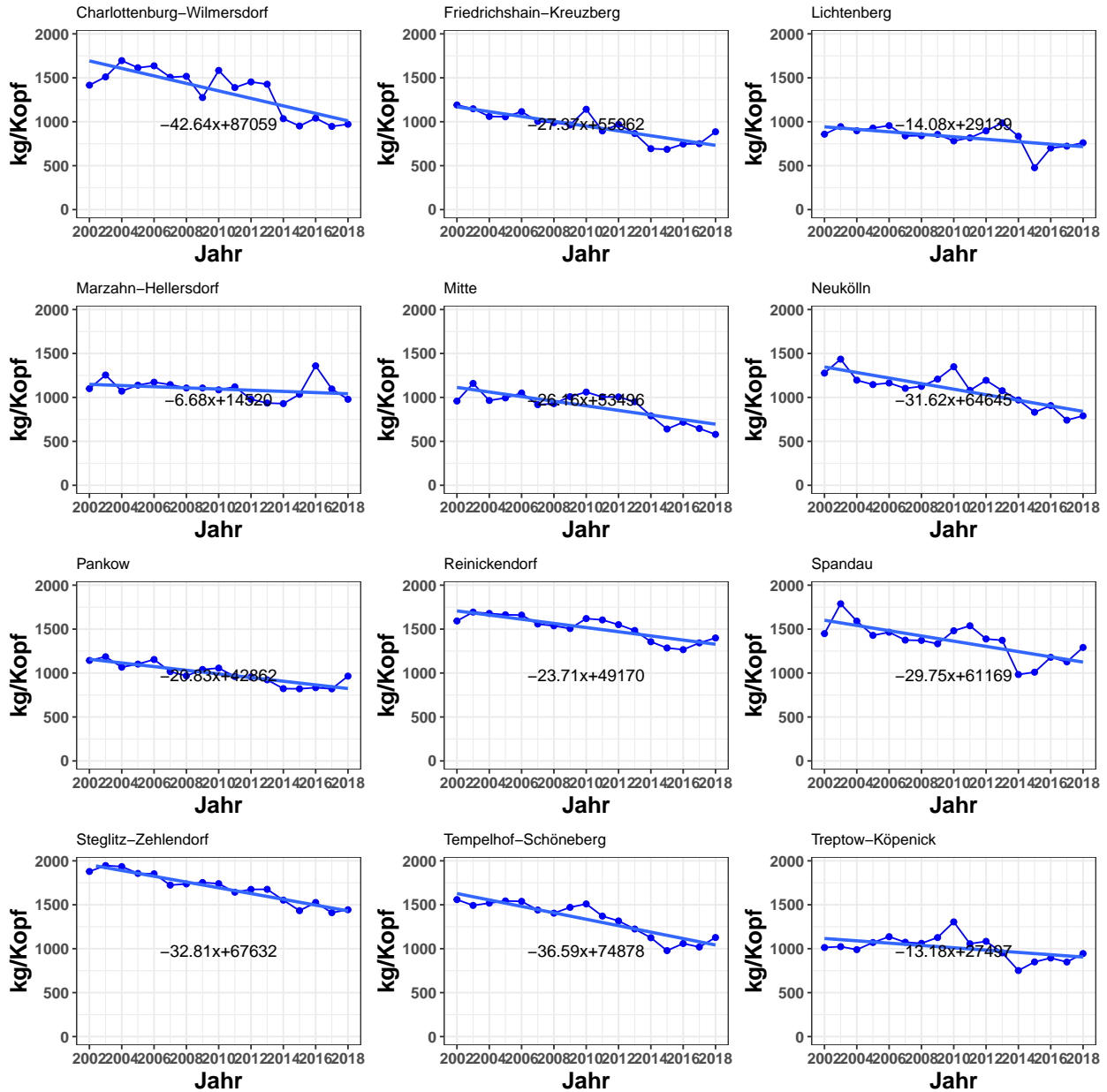
```
berlin_bezirke_all_co2perhead <- 1e6*berlin_co2_all/bezirk_population
berlin_bezirke_all_co2perhead$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#berlin_bezirke_all_co2perhead
```

```
plot_reqdColumns(berlin_bezirke_all_co2perhead,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(berlin_bezirke_all_co2perhead)[!(names(berlin_bezirke_all_co2perhead) %in% "abrechnungsjahr")],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "co2 kg/head",
  plot_title = "Pro Kopf CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude",
  xlabel = "Jahr",
  ylabel = "kg/Kopf")
```

## Pro Kopf CO2 Emissionen von Stadtbezirken, alle Wohngebäude



```
max_co2perhead_value <- max(berlin_bezirke_all_co2perhead[, names(berlin_bezirke_all_co2perhead)[!(names(berlin_bezirke_all_co2perhead) %in% "abrechnungsjahr")])
require(ggplot2)
g_co2perhead_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2perhead_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = berlin_bezirke_all_co2perhead,
                                             xVar = "abrechnungsjahr",
                                             yVar = bezirk_list[ii],
                                             ymin=0,
                                             ymax=max_co2perhead_value,
                                             x_eq = 2010,
                                             y_eq = 0.5*max_co2perhead_value,
                                             size_eq = 4,
                                             plot_title = bezirk_name[ii],
                                             xlab = "Jahr",
                                             ylab = "kg/Kopf")
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2perhead_bezirk[[1]],g_co2perhead_bezirk[[2]],g_co2perhead_bezirk[[3]],g_co2perhead_bezirk[[4]],g_co2perhead_bezirk[[5]],g_co2perhead_bezirk[[6]],g_co2perhead_bezirk[[7]],g_co2perhead_bezirk[[8]],g_co2perhead_bezirk[[9]],g_co2perhead_bezirk[[10]],g_co2perhead_bezirk[[11]],g_co2perhead_bezirk[[12]])
```



berlin\_bezirke\_all\_co2perhead

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	1416.1312	1190.7632
## 2	2003	1510.1742	1147.4519
## 3	2004	1695.3400	1060.1274
## 4	2005	1614.2970	1056.1606
## 5	2006	1636.1579	1115.0346
## 6	2007	1506.4764	1003.9977
## 7	2008	1516.6701	989.7595
## 8	2009	1275.0335	963.0555
## 9	2010	1583.8325	1141.7066
## 10	2011	1388.6788	895.5810

## 11	2012	1453.3711	969.2051
## 12	2013	1426.8033	866.1600
## 13	2014	1034.7786	693.4618
## 14	2015	951.6466	685.4866
## 15	2016	1040.8144	746.2747
## 16	2017	946.8876	750.1068
## 17	2018	971.5759	885.7424
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf	mitte neukoelln	pankow
## 1	858.2703	1099.4837	958.5295 1276.5477 1143.3384
## 2	944.3103	1254.5470	1159.1165 1435.0745 1185.4495
## 3	897.3487	1071.2526	964.8658 1195.5663 1066.8120
## 4	927.7955	1139.1056	994.1016 1145.8424 1101.9353
## 5	956.0952	1172.7173	1050.2028 1163.8950 1154.0774
## 6	838.8816	1145.1161	917.3232 1102.7022 1016.2948
## 7	840.9820	1106.8843	928.5797 1125.3165 967.9297
## 8	855.9157	1107.0464	1008.2483 1208.0354 1040.4636
## 9	781.6956	1085.6440	1060.4531 1348.7677 1056.1928
## 10	816.6700	1120.2792	1004.5737 1080.0324 960.3753
## 11	896.3197	978.3556	1005.4083 1194.3882 955.6112
## 12	985.8536	935.5591	950.8107 1075.8484 922.8002
## 13	834.9764	929.1028	789.7835 970.3568 822.5144
## 14	476.8643	1034.6996	640.1350 830.9896 820.6722
## 15	700.6138	1358.8447	717.2200 906.7257 833.8004
## 16	722.0448	1095.4654	645.9981 740.7816 820.3384
## 17	760.3363	978.4647	578.9703 790.5519 964.8771
##	reinickendorf spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg
## 1	1592.557 1448.5905	1878.860	1558.7483
## 2	1693.717 1787.8978	1946.051	1492.4541
## 3	1678.446 1590.7553	1934.420	1518.9514
## 4	1663.059 1428.5699	1856.642	1543.0964
## 5	1659.347 1464.5019	1852.220	1538.8481
## 6	1557.839 1374.7778	1723.596	1439.9698
## 7	1537.134 1371.3649	1736.988	1404.2867
## 8	1506.350 1332.8644	1752.994	1470.7581
## 9	1619.909 1481.0208	1740.304	1509.4680
## 10	1604.484 1538.1475	1642.753	1371.0347
## 11	1550.676 1388.1438	1674.825	1316.0642
## 12	1484.379 1372.6265	1675.723	1223.9995
## 13	1356.326 983.2343	1552.542	1124.7031
## 14	1285.263 1009.7778	1432.852	978.1264
## 15	1266.288 1179.0245	1525.908	1058.9995
## 16	1343.002 1127.4603	1409.970	1019.2077
## 17	1398.998 1291.1430	1443.221	1127.4721
##	treptow_koepenick	total	
## 1	1013.5296 1290.1621		
## 2	1023.4676 1380.8363		
## 3	989.2204 1306.5680		
## 4	1070.3010 1297.1615		
## 5	1136.7499 1326.1114		
## 6	1073.6354 1223.2912		
## 7	1061.0167 1213.2947		
## 8	1127.0201 1220.4553		
## 9	1305.0976 1307.7297		
## 10	1056.3019 1198.5932		

```
## 11      1083.5051 1201.2689
## 12      952.8515 1150.5135
## 13      751.7223  984.1460
## 14      849.4993  907.5403
## 15      894.2271 1004.2682
## 16      848.7390  940.4804
## 17      944.6376  995.2671
```

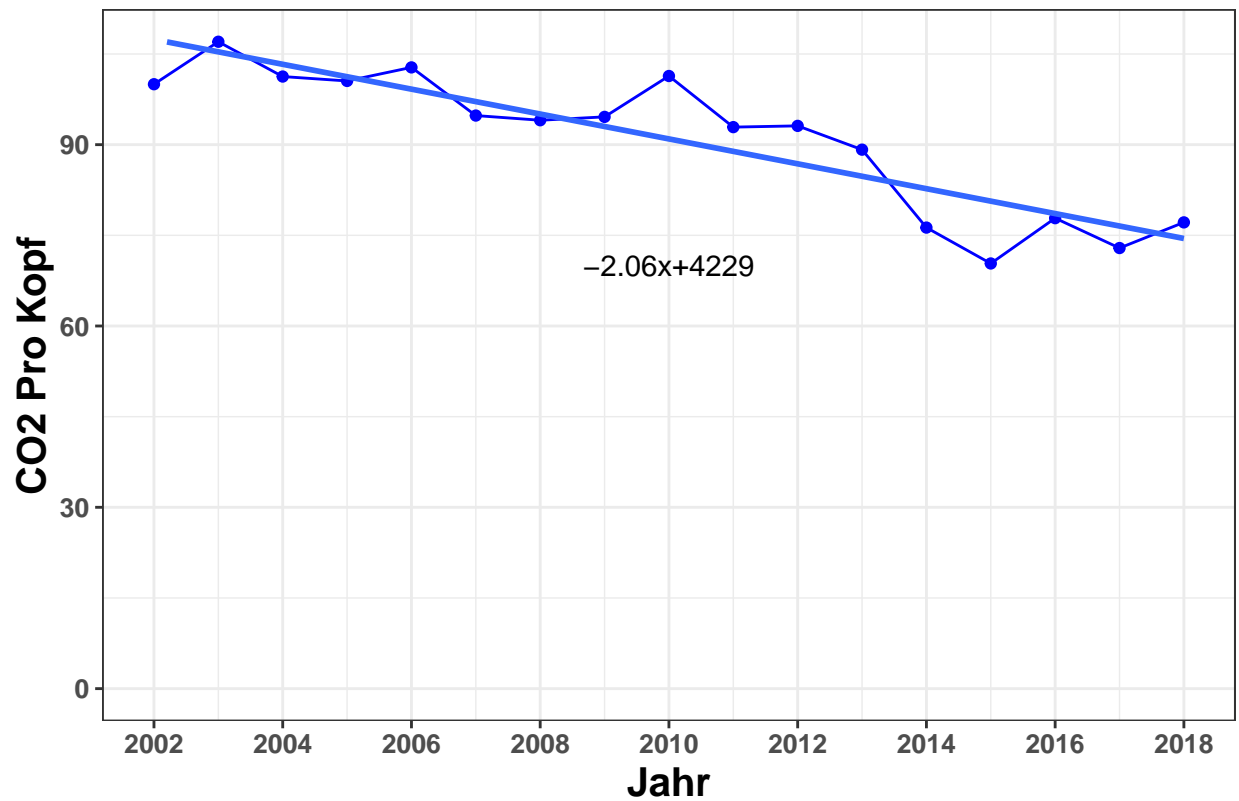
```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.3.3 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002-2018, 2002=100

```
berlin_co2_percapita_2002as100 <- get2002as100(berlin_co2_percapita , "abrechnungsjahr")
```

```
points_line_lm(input_data = berlin_co2_percapita_2002as100,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "co2_percapita",
               ymin=0,
               ymax=max(berlin_co2_percapita_2002as100$co2_percapita),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 70,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Pro Kopf CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude,2002 Wert = 100",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "CO2 Pro Kopf")
```

Pro Kopf CO2 Emissionen in Berlin, alle Wohngebäude, 2002 Wert = 100



```
berlin_co2_percapita_2002as100
```

```
##   abrechnungsjahr co2_percapita
## 1      2002      100.00000
## 2      2003      107.02813
## 3      2004      101.27161
## 4      2005      100.54252
## 5      2006      102.78642
## 6      2007       94.81686
## 7      2008       94.04203
## 8      2009       94.59705
## 9      2010      101.36166
## 10     2011       92.90253
## 11     2012       93.10991
## 12     2013       89.17588
## 13     2014       76.28080
## 14     2015       70.34312
## 15     2016       77.84046
## 16     2017       72.89630
## 17     2018       77.14279
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.3.4. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, CO2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2018, 2002 = 100

*One Graph: CO2 Emissions with 2002 value = 100 for each Bezirk. All 12 lines on the same plot.*

The following object, modify it

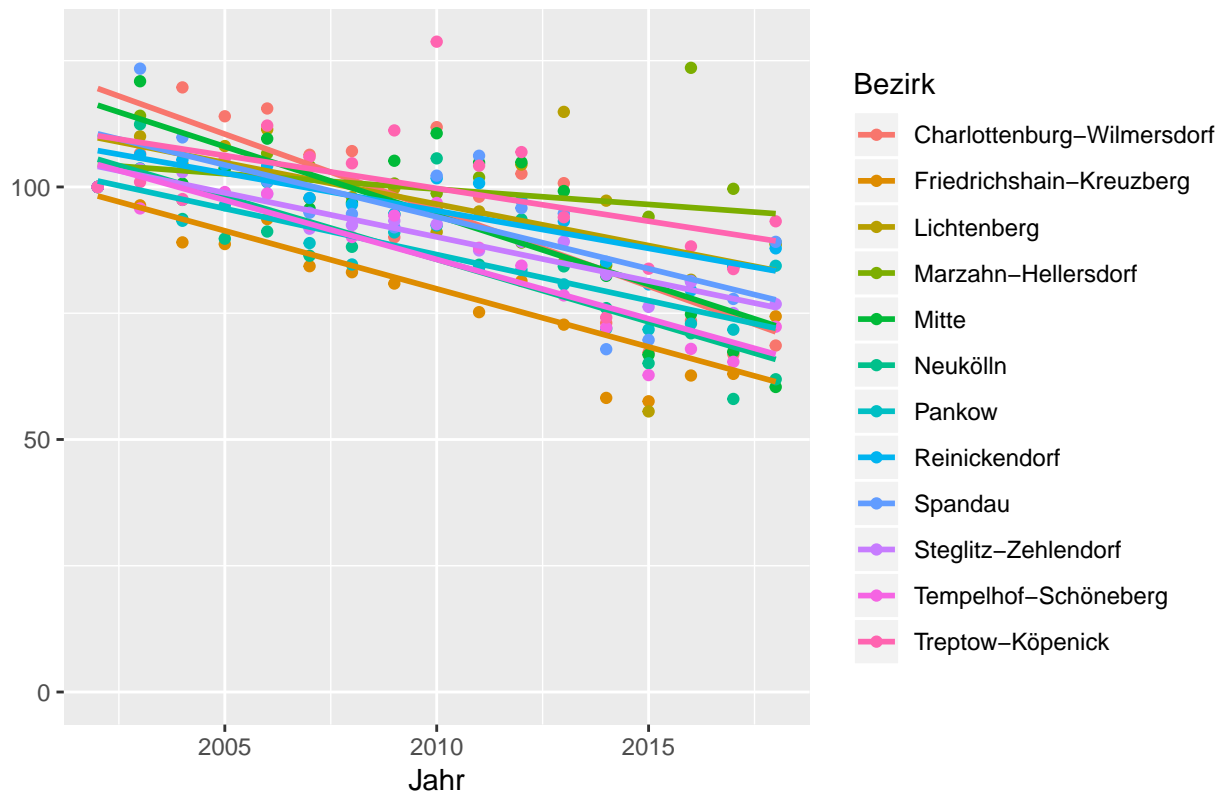
```
#berlin_bezirke_all_co2perhead
```

```
get_bezirk_prohead_2002As100 <- function(obj) {  
  for (var in names(obj)) {  
    wert2002 <- obj[[var]][obj$abrechnungsjahr == 2002]  
    obj[[var]] <- obj[[var]]/wert2002  
    obj$abrechnungsjahr <- 2002:2018  
  }  
  obj <- 100*obj  
  obj$abrechnungsjahr <- 2002:2018  
  return(obj)  
}  
bezirk_prohead_2002As100_all <- get_bezirk_prohead_2002As100(berlin_bezirke_all_co2perhead)
```

```
plot_reqdColumns(bezirk_prohead_2002As100_all,  
  xVar = "abrechnungsjahr",  
  cols_to_plot = names(bezirk_prohead_2002As100_all)[!(names(bezirk_prohead_2002As100_all) %in%  
  yColsName = "Bezirk",  
  yVar = "co2 pro head, 2002=100",  
  xlabel="Jahr",  
  ylabel = NULL,  
  plot_title = "Pro Kopf CO2 Emissionen in Stadtbezirken, alle Wohngebäude, 2002 Wert = 100")
```



Pro Kopf CO2 Emissionen in Stadtbezirken, alle Wohngebäude, 2002 Wert =

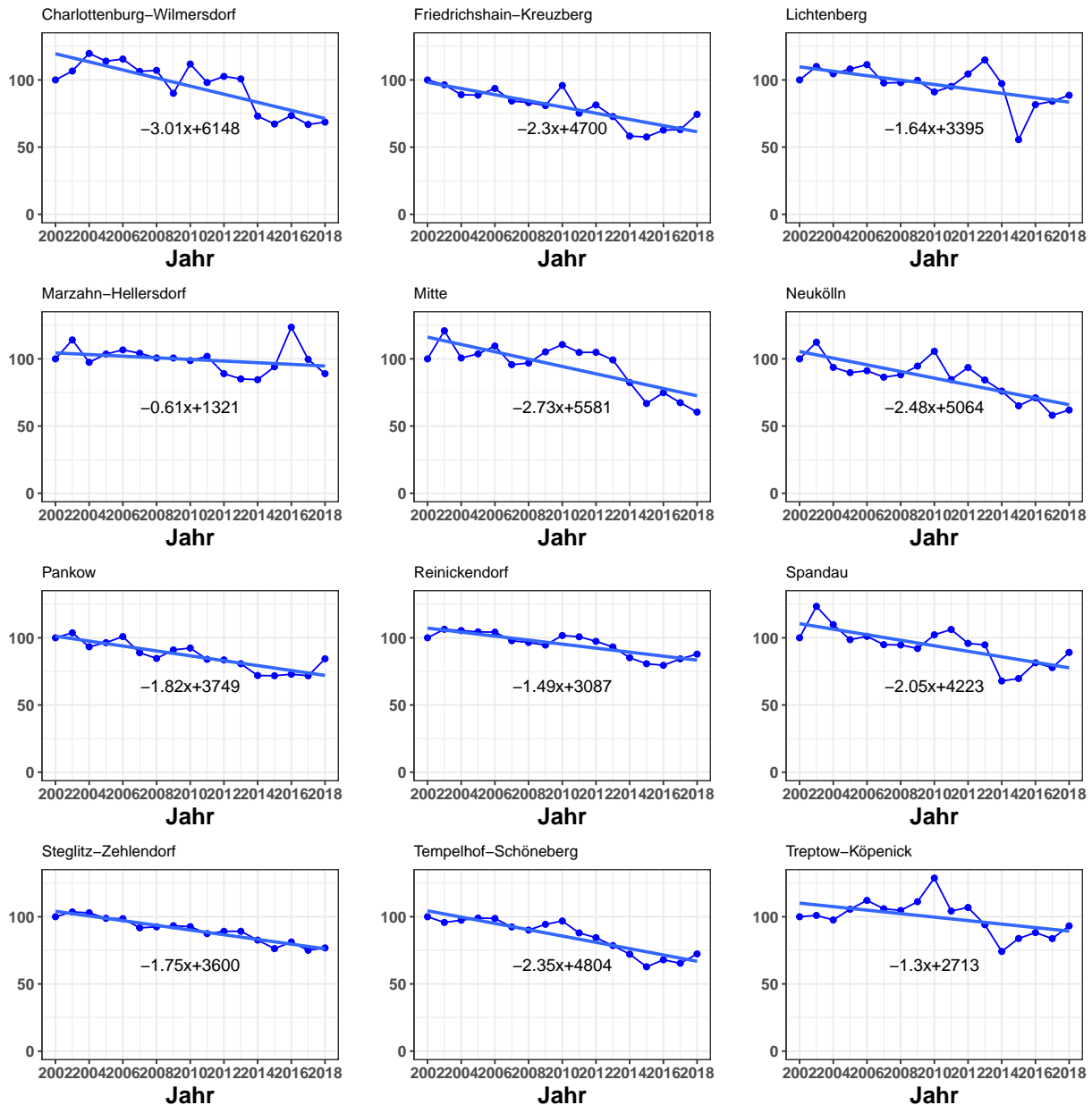


```
plot_bezirkeGridPlot <- function(obj,ylabel) {
  max_y_val <- max(obj[, names(obj)[!(names(obj) %in% c("abrechnungsjahr","total"))]])
  g_return <- list()
  require(ggplot2)
  for (ii in 1:12) {
    g_return[[ii]] <- points_line_lm(input_data = obj,
                                     xVar = "abrechnungsjahr",
                                     yVar = bezirk_list[ii],
                                     ymin=0,
                                     ymax=max_y_val,
                                     x_eq = 2010,
                                     y_eq = 0.5*max_y_val,
                                     size_eq = 4,
                                     plot_title = bezirk_name[ii],
                                     xlab = "Jahr",
                                     ylab = ylabel)
  }
  return(g_return)
}
```

```
gg_co2perhead_2002As100 <- plot_bezirkeGridPlot(bezirk_prohead_2002As100_all,ylabel="")
```

```
#gg_co2perhead_2002As100[[1]]
require(grid)
require(gridExtra)
```

```
grid.arrange(gg_co2perhead_2002As100[[1]],gg_co2perhead_2002As100[[2]],gg_co2perhead_2002As100[[3]],gg_
gg_co2perhead_2002As100[[5]],gg_co2perhead_2002As100[[6]],gg_co2perhead_2002As100[[7]],gg_
gg_co2perhead_2002As100[[9]],gg_co2perhead_2002As100[[10]],gg_co2perhead_2002As100[[11]],g
```



```
bezirk_prohead_2002As100_all
```

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	100.00000	100.00000
## 2	2003	106.64084	96.36273
## 3	2004	119.71631	89.02924
## 4	2005	113.99346	88.69611
## 5	2006	115.53716	93.64034
## 6	2007	106.37972	84.31548

## 7	2008	107.09955	83.11976
## 8	2009	90.03640	80.87717
## 9	2010	111.84221	95.88024
## 10	2011	98.06145	75.21067
## 11	2012	102.62969	81.39360
## 12	2013	100.75361	72.73990
## 13	2014	73.07081	58.23675
## 14	2015	67.20045	57.56699
## 15	2016	73.49703	62.67197
## 16	2017	66.86440	62.99378
## 17	2018	68.60776	74.38443
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf	mitte neukoelln	pankow
## 1	100.00000	100.00000	100.00000
## 2	110.02481	114.10329	120.92653
## 3	104.55316	97.43234	100.66104
## 4	108.10062	103.60369	103.71111
## 5	111.39791	106.66073	109.56395
## 6	97.74095	104.15035	95.70109
## 7	97.98567	100.67310	96.87544
## 8	99.72565	100.68785	105.18698
## 9	91.07802	98.74126	110.63333
## 10	95.15301	101.89139	104.80362
## 11	104.43326	88.98319	104.89070
## 12	114.86517	85.09077	99.19472
## 13	97.28595	84.50356	82.39532
## 14	55.56108	94.10777	66.78303
## 15	81.63090	123.58935	74.82503
## 16	84.12791	99.63453	67.39470
## 17	88.58938	88.99311	60.40192
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf
## 1	100.00000	100.00000	100.00000
## 2	106.35204	123.42327	103.57619
## 3	105.39312	109.81401	102.95709
## 4	104.42692	98.61792	98.81749
## 5	104.19386	101.09841	98.58213
## 6	97.81997	94.90451	91.73626
## 7	96.51987	94.66891	92.44904
## 8	94.58685	92.01112	93.30092
## 9	101.71750	102.23875	92.62553
## 10	100.74890	106.18235	87.43352
## 11	97.37021	95.82720	89.14050
## 12	93.20725	94.75601	89.18830
## 13	85.16657	67.87524	82.63213
## 14	80.70436	69.70761	76.26175
## 15	79.51287	81.39115	81.21459
## 16	84.32993	77.83154	75.04391
## 17	87.84602	89.13098	76.81364
##	treptow_koepenick	total	
## 1	100.00000	100.00000	
## 2	100.98053	107.02813	
## 3	97.60153	101.27161	
## 4	105.60136	100.54252	
## 5	112.15754	102.78642	
## 6	105.93035	94.81686	

```
## 7      104.68532  94.04203
## 8      111.19756  94.59705
## 9      128.76759 101.36166
## 10     104.22013  92.90253
## 11     106.90414  93.10991
## 12      94.01319  89.17588
## 13      74.16876  76.28080
## 14      83.81593  70.34312
## 15      88.22901  77.84046
## 16      83.74092  72.89630
## 17      93.20277  77.14279
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.3.5 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner

- Looks like a bar plot is needed here

```
bezirk_co2_percapita <- 1e6*berlin_co2_all/bezirk_population
bezirk_co2_percapita$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#bezirk_co2_percapita
```

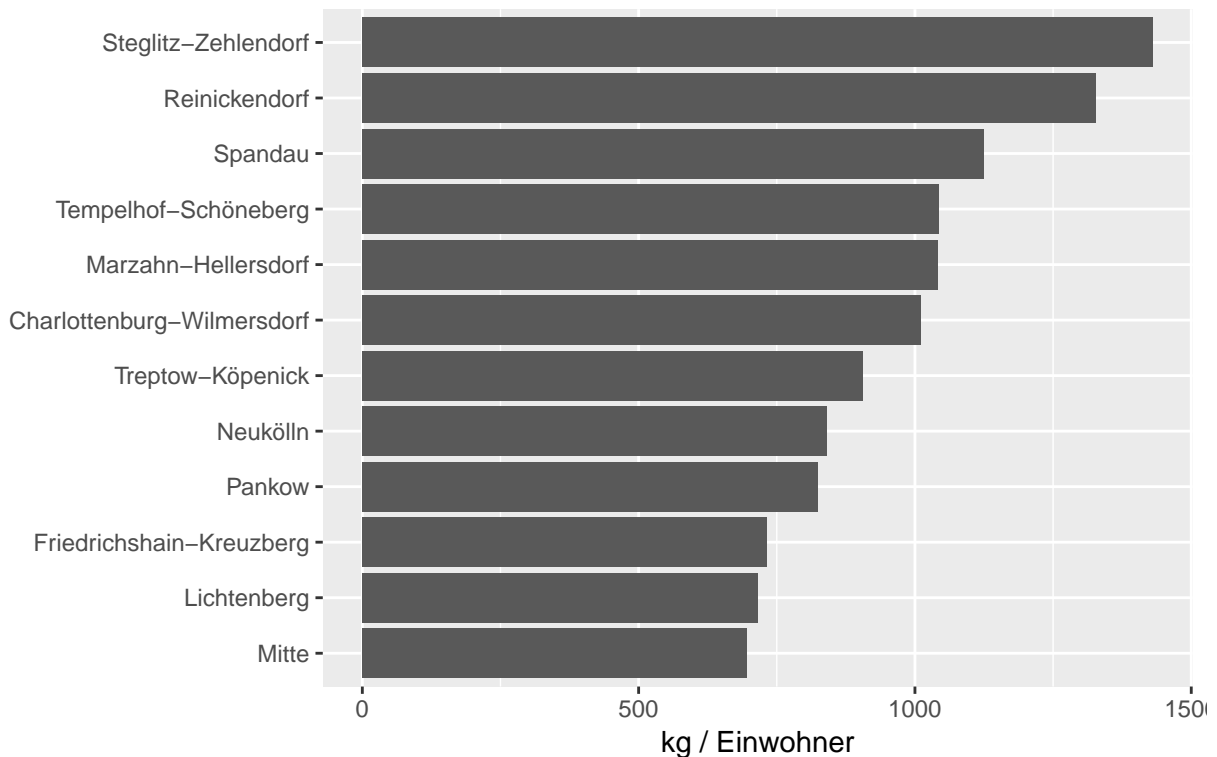
```
bezirk_co2_percapita_linear <- linearizer(bezirk_co2_percapita,dropCols = NULL , xVar = "abrechnungsjahr")
#bezirk_co2_percapita_linear
```

```
bezirk_co2_percapita_linear_2018 <- bezirk_co2_percapita_linear[bezirk_co2_percapita_linear$abrechnungsjahr == 2018]
bezirk_co2_percapita_linear_2018 <- as.data.frame(t(bezirk_co2_percapita_linear_2018))
bezirk_co2_percapita_linear_2018$bezirk <- row.names(bezirk_co2_percapita_linear_2018)
names(bezirk_co2_percapita_linear_2018) <- c("wert", "bezirk")
bezirk_co2_percapita_linear_2018 <- bezirk_co2_percapita_linear_2018[bezirk_co2_percapita_linear_2018$bezirk,]
bezirk_co2_percapita_linear_2018 <- bezirk_co2_percapita_linear_2018[bezirk_co2_percapita_linear_2018$wert,]
#bezirk_co2_percapita_linear_2018
```

```
bezirk_co2_percapita_linear_2018$bezirk <- factor(
  bezirk_co2_percapita_linear_2018$bezirk ,
  levels = bezirk_co2_percapita_linear_2018$bezirk[order(bezirk_co2_percapita_linear_2018$wert)])
ggplot(data=bezirk_co2_percapita_linear_2018,aes(x=bezirk,y=wert))+geom_bar(stat="identity")+coord_flip()
```

```
plot_co2perhead_2018 <- function(obj,
                                ylabel = NULL,
                                plot_title = NULL) {
  obj$bezirk <- get_BezirkNames(obj$bezirk)
  obj$bezirk <- factor(obj$bezirk , levels = obj$bezirk[order(obj$wert)])
  return(
    ggplot(data=obj,aes(x=bezirk,y=wert))+geom_bar(stat="identity")+labs(x="",y=ylabel,title=plot_title)
  )
}
plot_co2perhead_2018(bezirk_co2_percapita_linear_2018,
  ylabel = "kg / Einwohner",
  plot_title = "CO2 Emissionen pro Einwohner in Stadtbezirken,\nalle Wohngebäude")
```

## CO2 Emissionen pro Einwohner in Stadtbezirken, alle Wohngebäude



```
bezirk_co2_percapita_linear_2018
```

```
##                                wert                                bezirk
## charlottenburg_wilmersdorf 1009.9738 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg   731.6425 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg                 716.4392 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf        1041.4226 marzahn_hellersdorf
## mitte                      695.0533 mitte
## neukoelln                  840.6739 neukoelln
## pankow                     823.5517 pankow
## reinickendorf              1327.8565 reinickendorf
## spandau                    1124.9026 spandau
## steglitz_zehlendorf        1430.4903 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg      1042.3609 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick         905.2580 treptow_koepenick
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 1.3.6 Stadtbezirke, alle Wohngebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002/2018 in Prozent

(Zwei Grafiken: absolute values and percentage values of change compared to 2002 and 2018 values as grouped bar charts.) Group barchart of only 2002 and 2018 values for each city district - either absolute values and percentage.

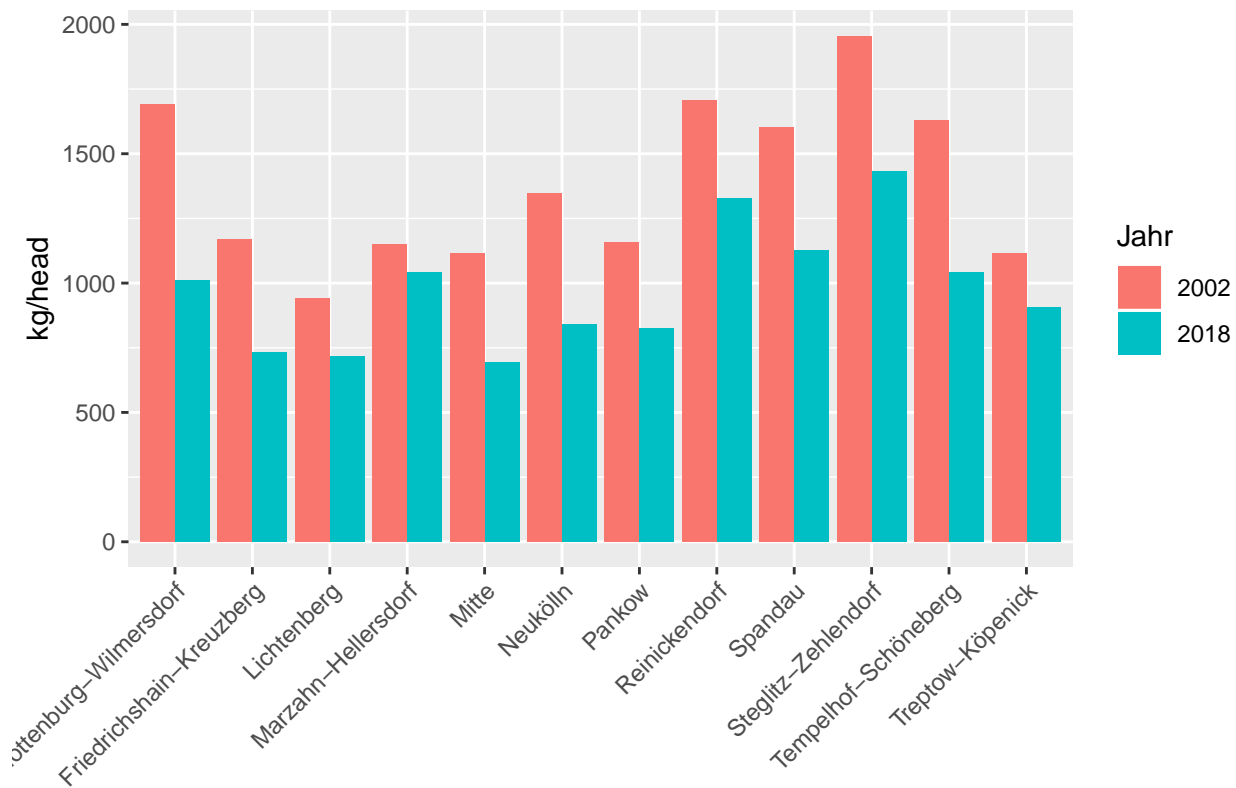
Use `bezirk_co2_percapita_linear`. This is the linear version of `bezirk_co2_percapita`, which is the same as `berlin_bezirke_all_co2perhead`.

```
#bezirk_co2_percapita_linear
```

```
is_2002_or_2018 <- bezirk_co2_percapita_linear$abrechnungsjahr==2002 |  
  bezirk_co2_percapita_linear$abrechnungsjahr==2018  
  
bezirk_co2_percapita_linear_20022018 <- bezirk_co2_percapita_linear[ is_2002_or_2018 , ]  
#bezirk_co2_percapita_linear_20022018
```

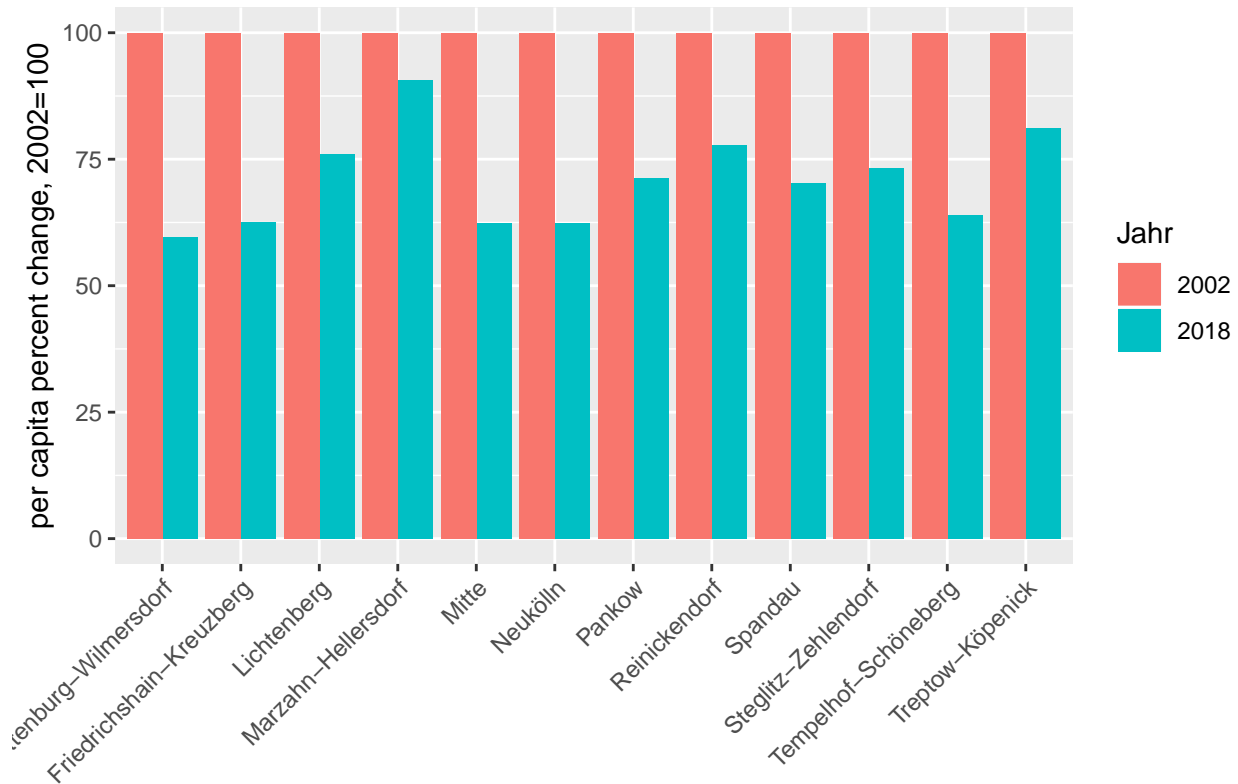
```
require(reshape2)  
data_long <- melt(bezirk_co2_percapita_linear_20022018,id.vars="abrechnungsjahr")  
names(data_long) <- c("abrechnungsjahr","bezirk","wert")  
data_long <- data_long[ data_long$bezirk!="total" , ]
```

```
plot_groupBar <- function(obj,yVar,ylabel) {  
  obj$bezirk <- get_BezirkNames(as.character(obj$bezirk))  
  obj$abrechnungsjahr <- as.factor(as.character(obj$abrechnungsjahr))  
  return(  
    ggplot(obj , aes(x=bezirk,y=get(yVar),fill=abrechnungsjahr))+geom_bar(stat="identity", position=position_dodge())  
  )+ scale_fill_discrete(name="Jahr") +theme(axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=1))+labs(x=" ",y=ylabel)  
  )  
}  
plot_groupBar(data_long,"wert","kg/head")
```



```
plot_groupBarPercent <- function(obj) {
  values2002 <- obj$wert[obj$abrechnungsjahr == 2002]
  obj$percentchange <- rep(values2002, each = 2)
  obj$percentchange <- 100*obj$wert/obj$percentchange
  g_return <- plot_groupBar(obj,"percentchange","per capita percent change, 2002=100")
  return(g_return)
}
```

```
plot_groupBarPercent(data_long)
```



```
data_long
```

```
##   abrechnungsjahr      bezirk      wert
## 1          2002 charlottenburg_wilmersdorf 1692.2226
## 2          2018 charlottenburg_wilmersdorf 1009.9738
## 3          2002   friedrichshain_kreuzberg 1169.5428
## 4          2018   friedrichshain_kreuzberg  731.6425
## 5          2002             lichtenberg  941.7931
## 6          2018             lichtenberg  716.4392
## 7          2002   marzahn_hellersdorf 1148.2913
## 8          2018   marzahn_hellersdorf 1041.4226
## 9          2002                mitte 1113.6903
## 10         2018                mitte   695.0533
## 11         2002          neukoelln 1346.5523
```

```
## 12      2018      neukoelln  840.6739
## 13      2002      pankow    1156.8581
## 14      2018      pankow    823.5517
## 15      2002      reinickendorf 1707.1759
## 16      2018      reinickendorf 1327.8565
## 17      2002      spandau   1600.9681
## 18      2018      spandau   1124.9026
## 19      2002      steglitz_zehlendorf 1955.3767
## 20      2018      steglitz_zehlendorf 1430.4903
## 21      2002      tempelhof_schoeneberg 1627.7788
## 22      2018      tempelhof_schoeneberg 1042.3609
## 23      2002      treptow_koepenick 1116.0975
## 24      2018      treptow_koepenick  905.2580
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 1.4 Prognose

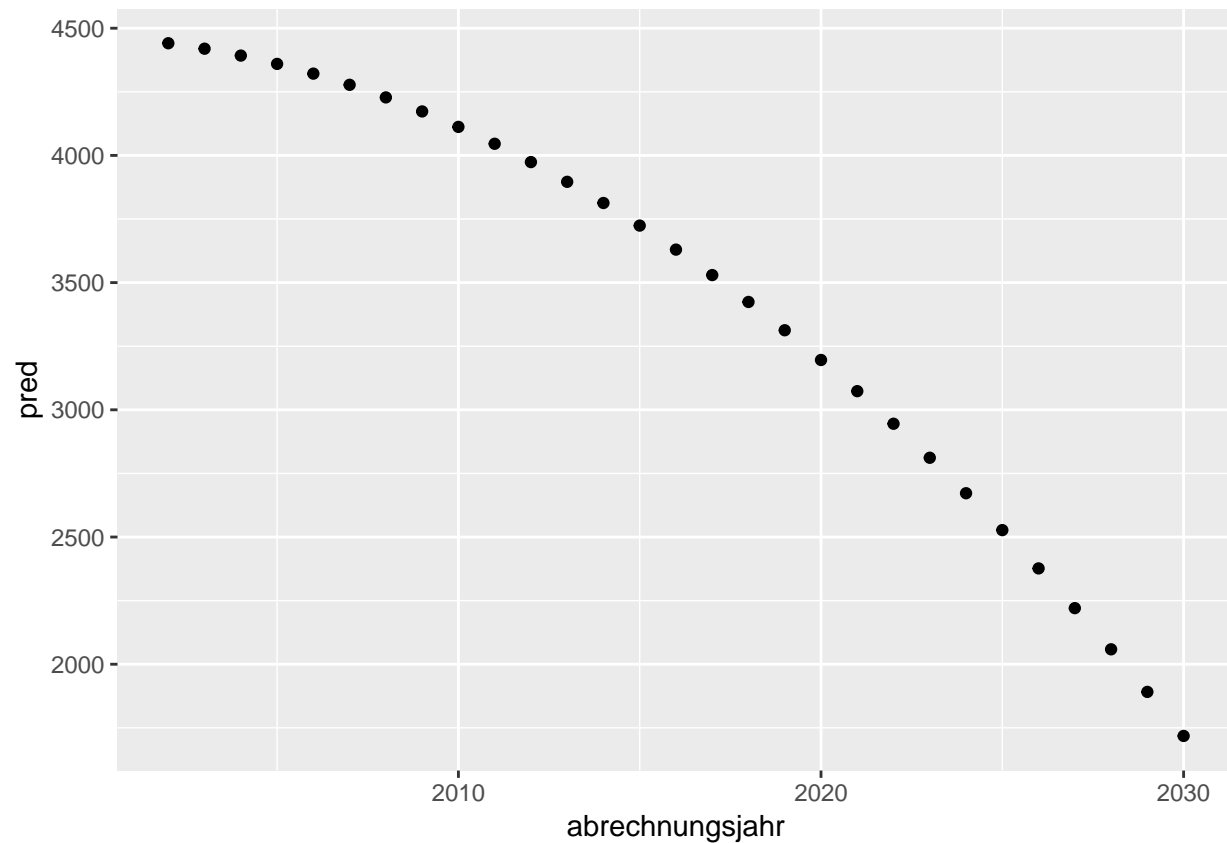
- Do the  $x + I(x^2)$  analysis.

```
i_subsubsection <- 1
```

### 1.4.1 Berlin, alle Wohngebäude, Prognose der co2-Emission aus Beheizung 2019-2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades)

```
#berlin_co2_all
quadmodel <- lm(total~abrechnungsjahr+I(abrechnungsjahr^2),data=berlin_co2_all)
from2002_till_2030 <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2030)
prognose <- data.frame(abrechnungsjahr = 2002:2030 , pred = as.numeric(predict(quadmodel,newdata=from2002_till_2030)))
ggplot(prognose , aes(x=abrechnungsjahr , y = pred))+geom_point()
```





#### prognose

##	abrechnungsjahr	pred
## 1	2002	4440.911
## 2	2003	4419.460
## 3	2004	4392.395
## 4	2005	4359.716
## 5	2006	4321.424
## 6	2007	4277.517
## 7	2008	4227.996
## 8	2009	4172.862
## 9	2010	4112.113
## 10	2011	4045.751
## 11	2012	3973.774
## 12	2013	3896.184
## 13	2014	3812.979
## 14	2015	3724.161
## 15	2016	3629.729
## 16	2017	3529.683
## 17	2018	3424.022
## 18	2019	3312.748
## 19	2020	3195.860
## 20	2021	3073.358
## 21	2022	2945.242
## 22	2023	2811.512
## 23	2024	2672.168

```
## 24          2025 2527.211
## 25          2026 2376.639
## 26          2027 2220.453
## 27          2028 2058.654
## 28          2029 1891.240
## 29          2030 1718.212
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 1.5 Diskussion

```
i_section <- i_section+1
i_subsection <- 1
i_subsubsection <- 1
```

## 2. Alle Stadtbezirke, co2-emission aus Beheizung, 1-2 Familiengebäude

### 2.1 Absolute Zahlen

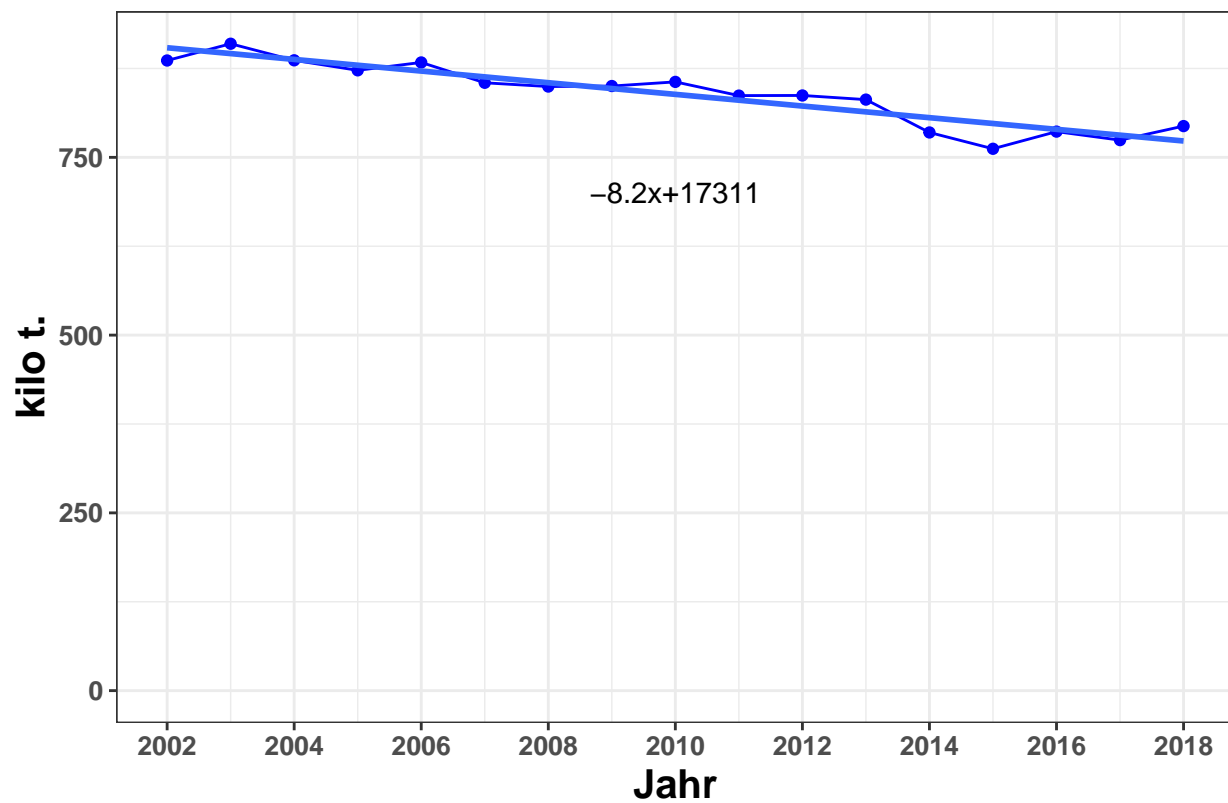
2.1.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, co2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t

```
#alle_bezirke_co2$sfh
```

```
berlin_co2_sfh <- getRowSums(alle_bezirke_co2$sfh , dropCols = "abrechnungsjahr")
#berlin_co2_sfh
```

```
points_line_lm(input_data = berlin_co2_sfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "total",
               ymin = 0,
               ymax = max(berlin_co2_sfh$total),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 700,
               size_eq = 4,
               plot_title = "CO2 Emissionen in Berlin, 1-2 Familiengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kilo t.")
```

CO2 Emissionen in Berlin, 1–2 Familiengebäude



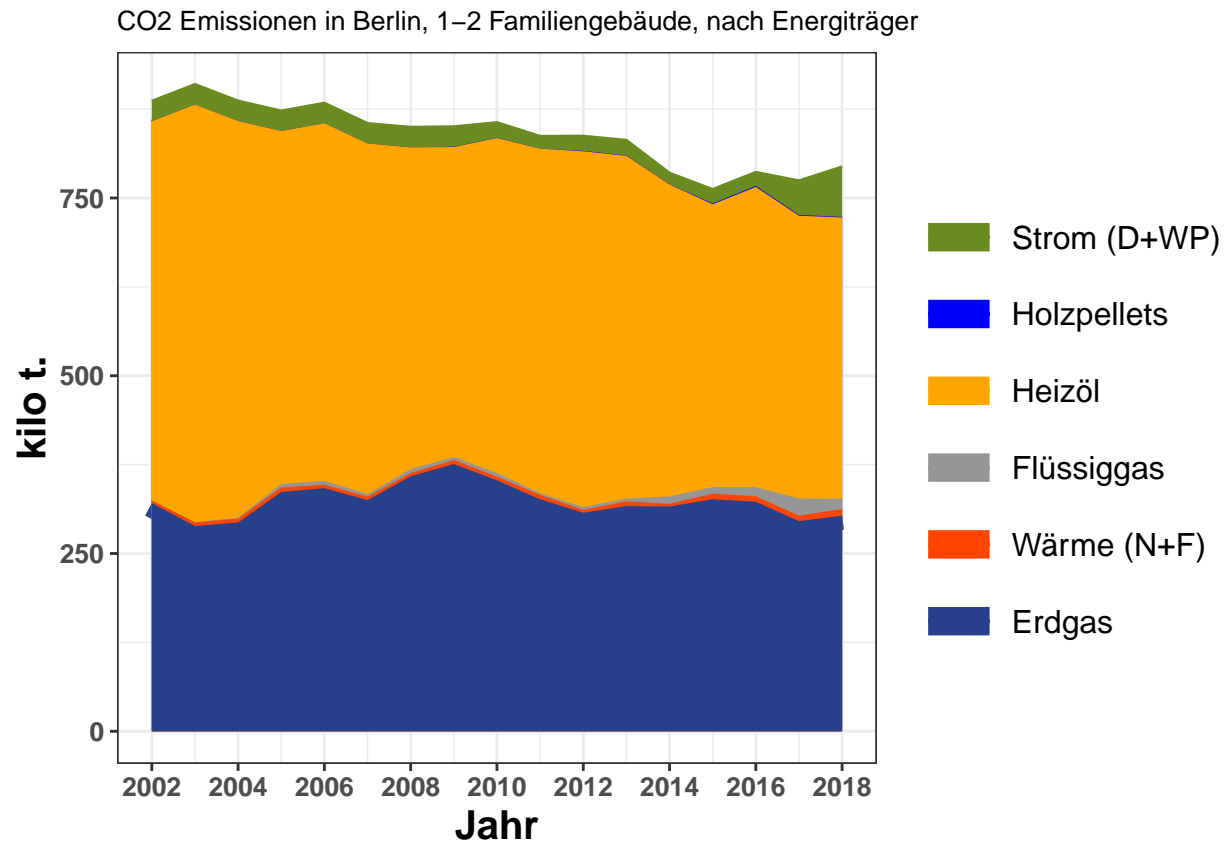
```
berlin_co2_sfh[ , c("abrechnungsjahr" , "total")]
```

##	abrechnungsjahr	total
## 1	2002	886.2040
## 2	2003	909.7584
## 3	2004	886.4692
## 4	2005	872.3823
## 5	2006	883.4464
## 6	2007	854.8635
## 7	2008	849.5944
## 8	2009	850.2879
## 9	2010	856.1211
## 10	2011	836.8370
## 11	2012	837.0138
## 12	2013	831.1885
## 13	2014	784.9885
## 14	2015	762.0550
## 15	2016	786.1857
## 16	2017	774.2198
## 17	2018	793.9504

- Now split by ET

```
co2_sfh_allebezirke_byET <- co2_allebezirke_byET$sfh
#co2_sfh_allebezirke_byET
```

```
co2_sfh_allebezirke_byET_cumsums <- getCumSums(obj=co2_sfh_allebezirke_byET , dropCols=c("abrechnungsjahr",
#co2_all_allebezirke_byET_cumsums
plot_byET(co2_sfh_allebezirke_byET_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "kilo t." , plottitle = "CO2 Em.
```



```
co2_sfh_allebezirke_byET
```

##	abrechnungsjahr	erdgas	waerme	fluessiggas	heizoel	holzpellets
## 1	2002	320.9928	3.542946	0.000000	533.4710	0.00000000
## 2	2003	288.7111	5.133224	0.000000	587.7168	0.00000000
## 3	2004	293.6147	5.557091	1.294382	557.8058	0.00000000
## 4	2005	336.6383	6.331517	4.772830	496.4423	0.00000000
## 5	2006	341.9268	4.810459	5.423371	503.0885	0.00000000
## 6	2007	325.0396	5.030013	3.481267	493.1154	0.00000000
## 7	2008	358.6379	4.556824	5.637400	452.4517	0.11328082
## 8	2009	375.8390	5.708403	4.265570	435.8945	0.38321201
## 9	2010	352.8829	5.229627	5.043785	471.1952	0.28678993
## 10	2011	326.2533	6.160202	2.308130	484.7856	0.08716954
## 11	2012	307.3344	4.142617	3.783370	500.4167	0.62720918
## 12	2013	316.6940	6.655070	3.911524	482.0715	0.54576652
## 13	2014	316.1633	3.764043	10.428462	438.7797	0.32888674
## 14	2015	326.3678	7.899303	9.235242	397.7130	1.17639896

```
## 15      2016 322.7153 7.825622 12.772169 422.2456 1.44910686
## 16      2017 295.5077 7.796519 24.140778 397.5856 1.07763261
## 17      2018 303.1870 9.379784 14.267661 395.8030 0.76041751
##      strom      total
## 1  28.19724 886.2040
## 2  28.19724 909.7584
## 3  28.19724 886.4692
## 4  28.19724 872.3823
## 5  28.19724 883.4464
## 6  28.19724 854.8635
## 7  28.19724 849.5944
## 8  28.19724 850.2879
## 9  21.48274 856.1211
## 10 17.24262 836.8370
## 11 20.70961 837.0138
## 12 21.31071 831.1885
## 13 15.52417 784.9885
## 14 19.66328 762.0550
## 15 19.17783 786.1857
## 16 48.11157 774.2198
## 17 70.55260 793.9504
```

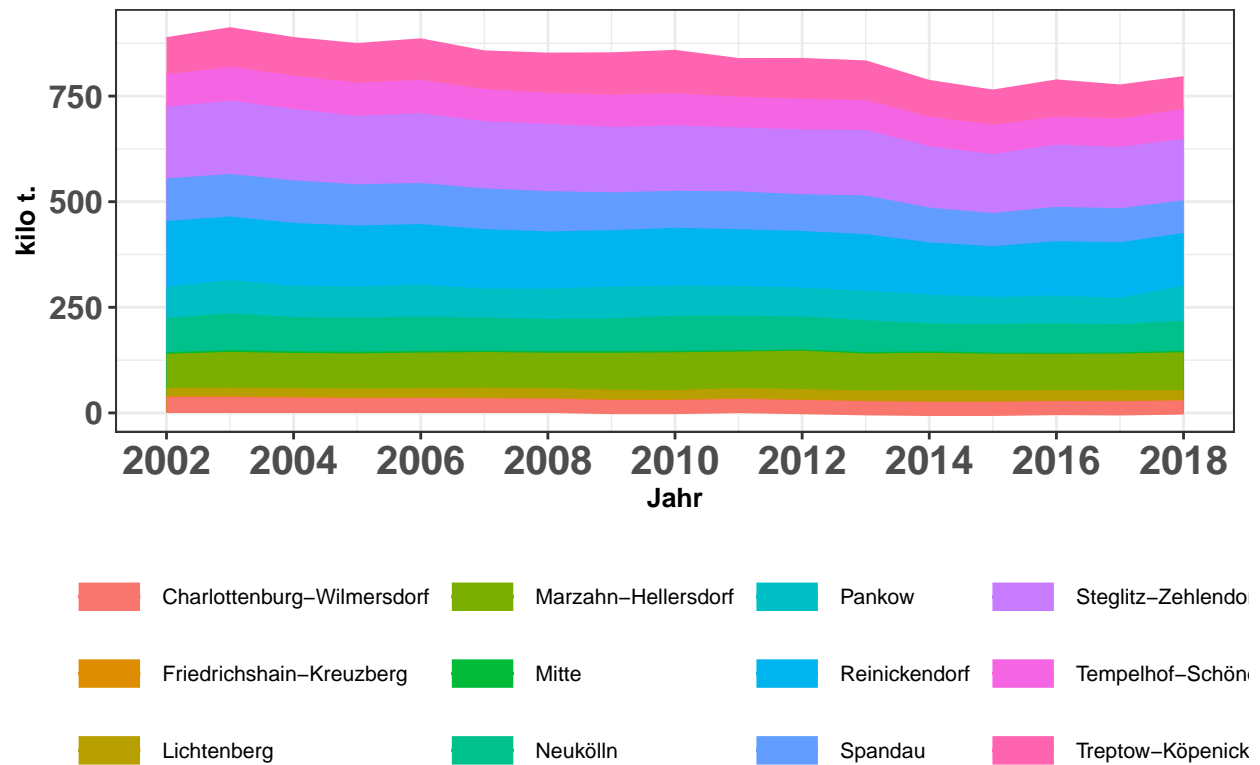
```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.1.2 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 summiert in 1.000 t

- Here co2 emissions split by the bezirke

```
berlin_co2_sf_h_cumsums <- getCumSums(obj=berlin_co2_sf_h , dropCols=c("abrechnungsjahr","total"))
plot_byBezirke(berlin_co2_sf_h_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "kilo t." , plottitle="CO2 Emissionen")
```

CO2 Emissionen in Berlin, 1–2 Familiengebäude, nach Bezirk



berlin\_co2\_sfh

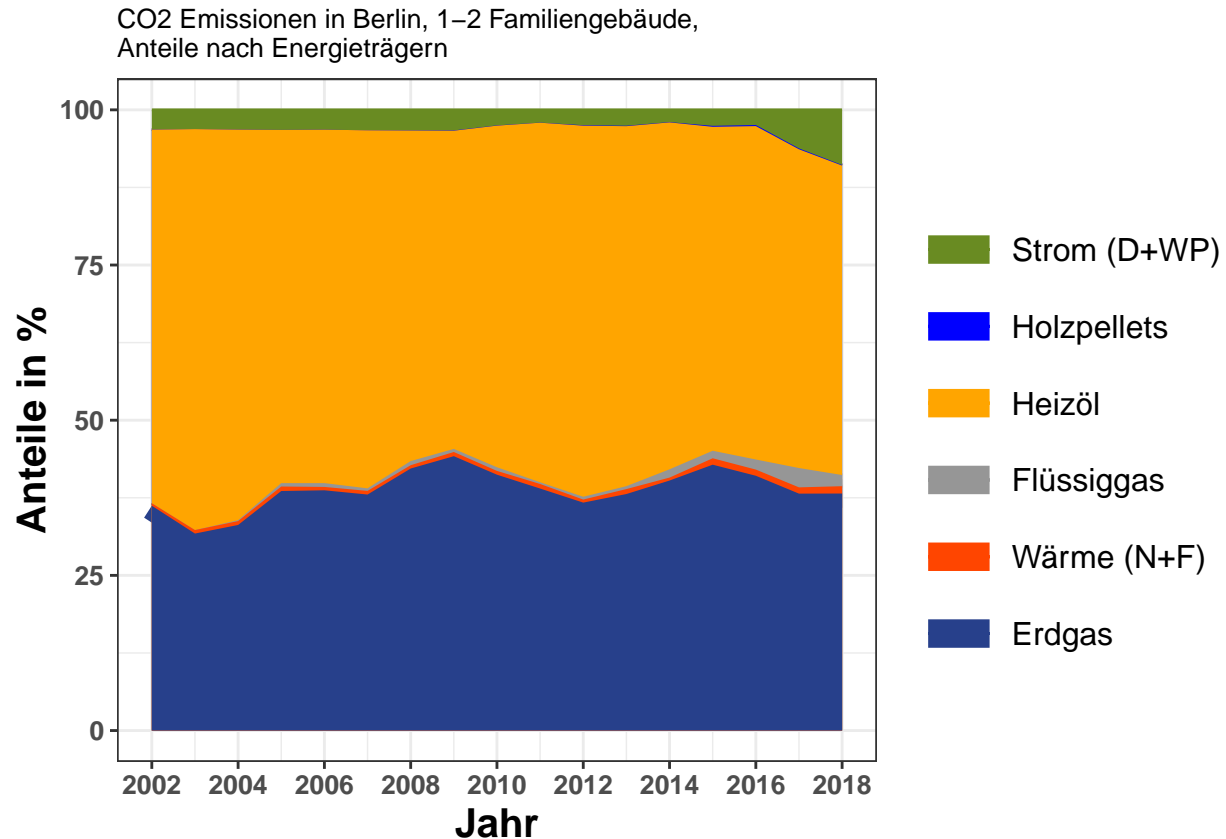
##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	38.09742	2.6420502		
## 2	2003	37.80490	2.7574057		
## 3	2004	36.55557	2.3157077		
## 4	2005	34.80975	2.1676129		
## 5	2006	35.52038	2.2005804		
## 6	2007	34.61589	1.8013261		
## 7	2008	33.81660	1.7387840		
## 8	2009	30.81899	1.5790129		
## 9	2010	30.76203	1.3024370		
## 10	2011	33.24231	1.8863541		
## 11	2012	30.61746	1.3811595		
## 12	2013	27.84803	1.5588895		
## 13	2014	26.35995	0.8894664		
## 14	2015	26.40115	1.0898912		
## 15	2016	28.38397	1.2836638		
## 16	2017	27.63538	1.2231399		
## 17	2018	29.68616	1.6292390		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	18.80552	80.29233	3.836556	81.14603	74.17578
## 2	19.42690	84.46877	4.181974	86.99925	78.64285
## 3	20.40776	82.75563	3.869602	81.03644	74.09706
## 4	20.93251	83.02717	3.888013	80.69251	73.81314
## 5	21.41632	83.67787	3.832410	81.31154	75.59073

## 6	23.53900		84.22570	3.055829	78.38818	68.76782
## 7	23.22817		83.67059	3.696686	75.90290	72.00213
## 8	22.81696		87.06740	3.991344	77.35572	75.55150
## 9	22.27817		89.12768	3.480997	83.21631	71.20420
## 10	23.90214		86.27044	3.268652	81.69211	70.36263
## 11	24.81632		90.44962	3.177118	77.75053	68.67108
## 12	23.71329		87.64955	3.398270	75.06751	70.25719
## 13	26.93261		88.17813	3.382550	66.00111	68.17455
## 14	26.07808		86.56237	2.785607	67.69596	64.07787
## 15	24.14080		85.85100	2.847629	69.64469	65.76191
## 16	25.91904		85.78029	2.681060	66.79758	62.71243
## 17	22.28390		90.09915	3.598195	70.68510	82.90741
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg		
## 1	155.1445	101.20824		169.3693		76.75137
## 2	150.5977	100.71995		173.8795		80.01171
## 3	148.6573	100.88057		169.2140		78.90565
## 4	144.2388	97.68165		162.0571		78.51654
## 5	143.4262	97.30835		165.5459		78.80365
## 6	140.6145	96.40701		158.9971		76.37955
## 7	135.6047	95.39718		159.3082		73.19770
## 8	133.3465	89.78284		154.5792		76.52411
## 9	136.9576	87.43720		155.0516		75.95741
## 10	134.3306	89.50052		151.5932		72.35013
## 11	133.8169	87.06058		153.4708		72.65895
## 12	133.5823	91.68378		155.4803		70.33320
## 13	123.6634	82.36480		145.6058		70.16355
## 14	119.8576	78.59102		139.6859		69.36799
## 15	128.5625	81.42450		147.5800		65.82777
## 16	131.0118	80.72755		145.1726		67.40713
## 17	125.1291	77.52542		145.1965		70.78976
##	treptow_koepenick	total				
## 1		84.73493	886.2040			
## 2		90.26747	909.7584			
## 3		87.77392	886.4692			
## 4		90.55750	872.3823			
## 5		94.81250	883.4464			
## 6		88.07161	854.8635			
## 7		92.03076	849.5944			
## 8		96.87429	850.2879			
## 9		99.34538	856.1211			
## 10		88.43798	836.8370			
## 11		93.14328	837.0138			
## 12		90.61622	831.1885			
## 13		83.27256	784.9885			
## 14		79.86163	762.0550			
## 15		84.87713	786.1857			
## 16		77.15177	774.2198			
## 17		74.42051	793.9504			

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.1.3 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent

```
co2_sfh_allebezirke_byET_prop <- find_proportions(co2_sfh_allebezirke_byET , drop_cols = c("abrechnungs", "abrechnungsjahr"))
co2_sfh_allebezirke_byET_prop_cumsums <- getCumSums(obj=co2_sfh_allebezirke_byET_prop , dropCols = "abrechnungsjahr")
plot_byET(co2_sfh_allebezirke_byET_prop_cumsums,xlabel = "Jahr" , ylabel = "Anteile in %" , plottitle = "CO2 Emissionen in Berlin, 1-2 Familiengebäude, Anteile nach Energieträgern")
```



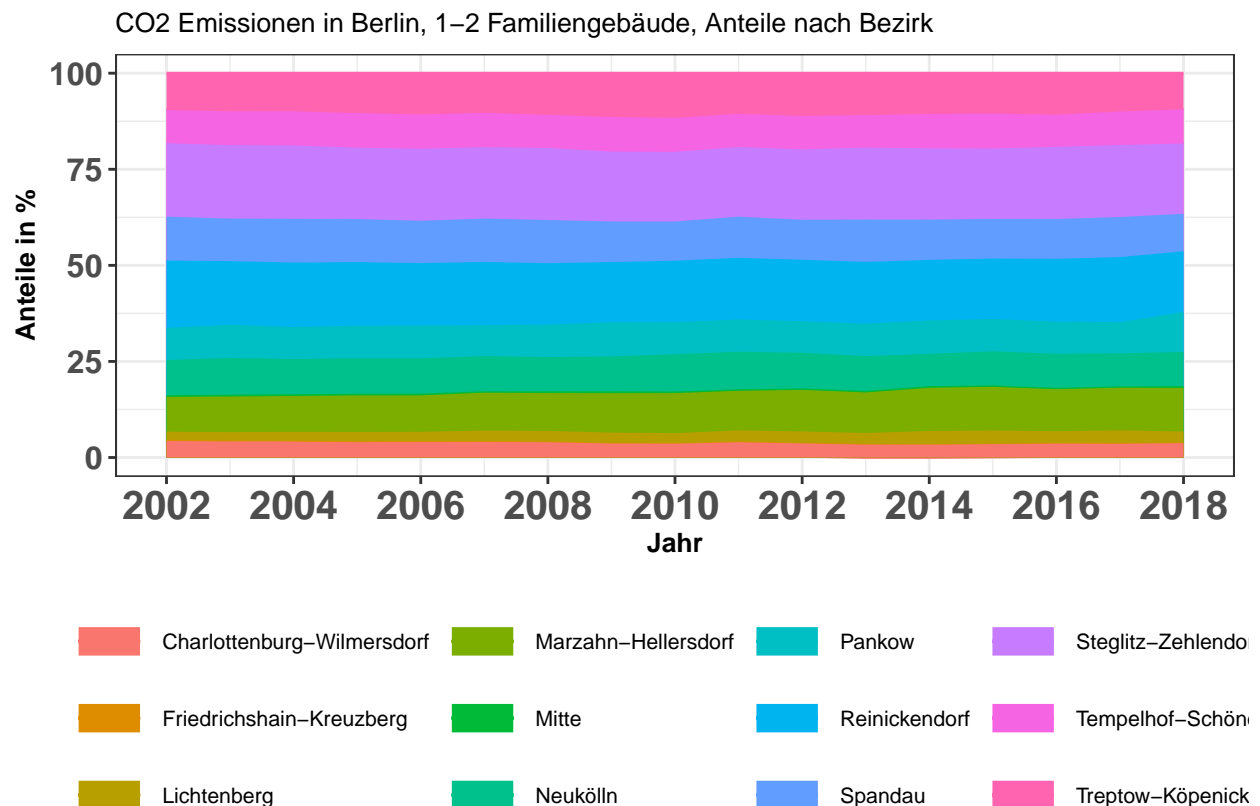
```
co2_sfh_allebezirke_byET_prop
```

##	erdgas	waerme	fluessiggas	heizoel	holzpellets	strom
## 1	36.22110	0.3997890	0.0000000	60.19731	0.00000000	3.181800
## 2	31.73492	0.5642404	0.0000000	64.60141	0.00000000	3.099420
## 3	33.12181	0.6268792	0.1460155	62.92445	0.00000000	3.180848
## 4	38.58840	0.7257733	0.5471031	56.90652	0.00000000	3.232211
## 5	38.70374	0.5445105	0.6138879	56.94613	0.00000000	3.191731
## 6	38.02240	0.5883995	0.4072308	57.68353	0.00000000	3.298449
## 7	42.21284	0.5363529	0.6635401	53.25503	0.01333352	3.318906
## 8	44.20138	0.6713494	0.5016619	51.26434	0.04506850	3.316199
## 9	41.21881	0.6108514	0.5891439	55.03839	0.03349876	2.509311
## 10	38.98648	0.7361292	0.2758159	57.93070	0.01041655	2.060451
## 11	36.71796	0.4949282	0.4520081	59.78595	0.07493415	2.474225
## 12	38.10134	0.8006692	0.4705941	57.99785	0.06566098	2.563884
## 13	40.27616	0.4795029	1.3284860	55.89632	0.04189701	1.977630
## 14	42.82733	1.0365791	1.2118866	52.18953	0.15437192	2.580297



```
## 15 41.04823 0.9953911 1.6245741 53.70813 0.18432120 2.439351
## 16 38.16845 1.0070162 3.1180781 51.35307 0.13918950 6.214200
## 17 38.18714 1.1814067 1.7970469 49.85236 0.09577645 8.886272
##      abrechnungsjahr
## 1          2002
## 2          2003
## 3          2004
## 4          2005
## 5          2006
## 6          2007
## 7          2008
## 8          2009
## 9          2010
## 10         2011
## 11         2012
## 12         2013
## 13         2014
## 14         2015
## 15         2016
## 16         2017
## 17         2018
```

```
berlin_co2_sf_h_prop <- find_proportions(berlin_co2_sf_h,drop_cols=c("abrechnungsjahr","total"))
berlin_co2_sf_h_prop_cumsums <- getCumSums(berlin_co2_sf_h_prop,dropCols="abrechnungsjahr")
plot_byBezirke(berlin_co2_sf_h_prop_cumsums,xlabel = "Jahr" , ylabel = "Anteile in %" , plottitle = "CO2
```



## berlin\_co2\_sfh\_prop

```

##      charlottenburg_wilmersdorf friedrichshain_kreuzberg lichtenberg
## 1          4.298945          0.2981312      2.122030
## 2          4.155488          0.3030921      2.135391
## 3          4.123728          0.2612282      2.302140
## 4          3.990194          0.2484705      2.399466
## 5          4.020660          0.2490904      2.424178
## 6          4.049288          0.2107151      2.753539
## 7          3.980323          0.2046605      2.734031
## 8          3.624536          0.1857033      2.683439
## 9          3.593187          0.1521323      2.602222
## 10         3.972375          0.2254148      2.856248
## 11         3.657939          0.1650104      2.964864
## 12         3.350387          0.1875494      2.852938
## 13         3.358004          0.1133095      3.430956
## 14         3.464467          0.1430200      3.422073
## 15         3.610339          0.1632774      3.070623
## 16         3.569449          0.1579836      3.347763
## 17         3.739045          0.2052066      2.806712
##      marzahn_hellersdorf      mitte neukoelln      pankow reinickendorf
## 1      9.060254 0.4329202 9.156587 8.370058      17.50663
## 2      9.284748 0.4596797 9.562896 8.644367      16.55359
## 3      9.335421 0.4365185 9.141484 8.358673      16.76959
## 4      9.517292 0.4456777 9.249674 8.461101      16.53390
## 5      9.471754 0.4338022 9.203902 8.556345      16.23485
## 6      9.852533 0.3574640 9.169673 8.044304      16.44877
## 7      9.848299 0.4351119 8.934016 8.474884      15.96111
## 8      10.239755 0.4694108 9.097591 8.885402      15.68251
## 9      10.410640 0.4066010 9.720156 8.317071      15.99746
## 10     10.309108 0.3905960 9.762010 8.408164      16.05218
## 11     10.806228 0.3795777 9.289038 8.204294      15.98742
## 12     10.545087 0.4088447 9.031346 8.452618      16.07124
## 13     11.233048 0.4309045 8.407908 8.684784      15.75354
## 14     11.359070 0.3655388 8.883343 8.408562      15.72820
## 15     10.919940 0.3622082 8.858555 8.364680      16.35270
## 16     11.079579 0.3462919 8.627728 8.100081      16.92179
## 17     11.348209 0.4532014 8.902961 10.442391      15.76032
##      spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg treptow_koepenick
## 1 11.420422      19.11177      8.660689      9.561560
## 2 11.071066      19.11272      8.794831      9.922136
## 3 11.380043      19.08854      8.901116      9.901519
## 4 11.197116      18.57638      9.000245     10.380484
## 5 11.014629      18.73864      8.920026     10.732117
## 6 11.277474      18.59912      8.934707     10.302418
## 7 11.228555      18.75109      8.615605     10.832318
## 8 10.559111      18.17964      8.999789     11.393116
## 9 10.213182      18.11095      8.872274     11.604128
## 10 10.695096      18.11502      8.645666     10.568125
## 11 10.401331      18.33551      8.680734     11.128046
## 12 11.030443      18.70578      8.461763     10.902005
## 13 10.492485      18.54878      8.938163     10.608124
## 14 10.313037      18.33016      9.102754     10.479772

```

```
## 15 10.356905      18.77165      8.373057      10.796067
## 16 10.426955      18.75082      8.706459      9.965100
## 17  9.764516      18.28785      8.916144      9.373446
##      abrechnungsjahr
## 1      2002
## 2      2003
## 3      2004
## 4      2005
## 5      2006
## 6      2007
## 7      2008
## 8      2009
## 9      2010
## 10     2011
## 11     2012
## 12     2013
## 13     2014
## 14     2015
## 15     2016
## 16     2017
## 17     2018
```

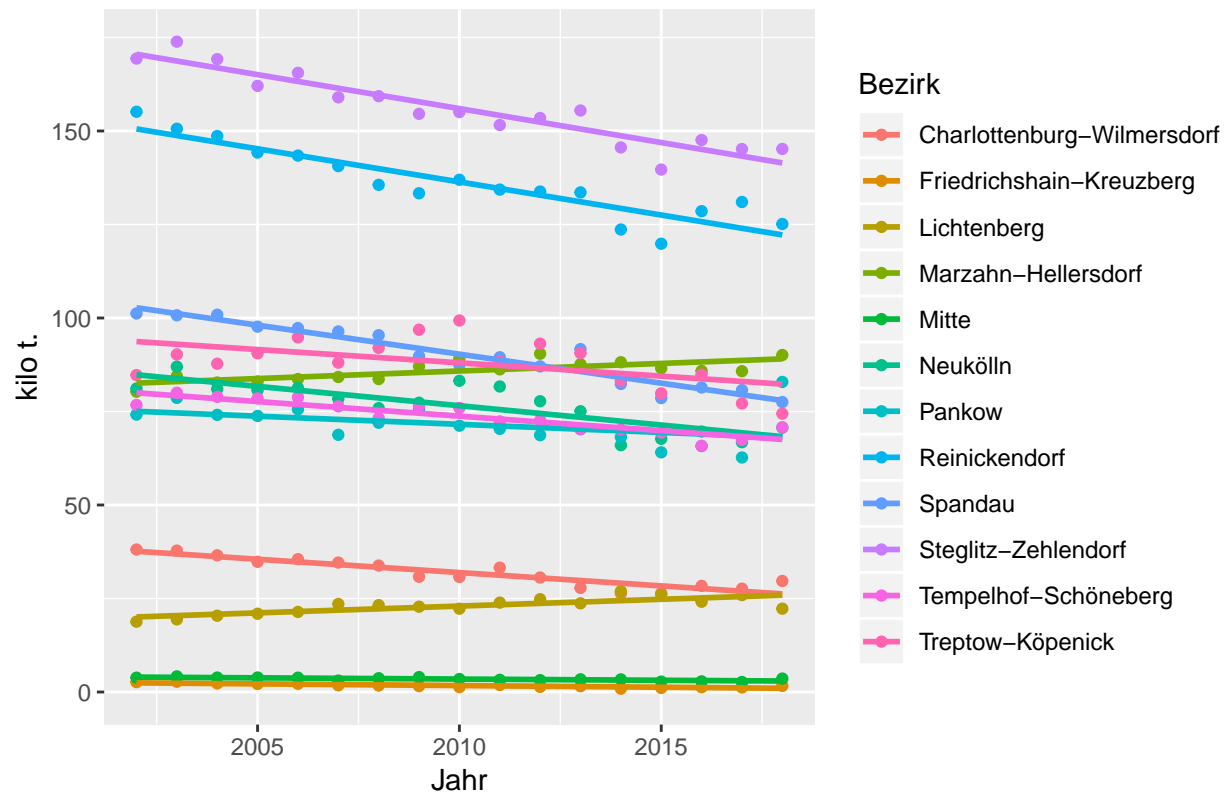
```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

#### 2.1.4 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in 1.000 t

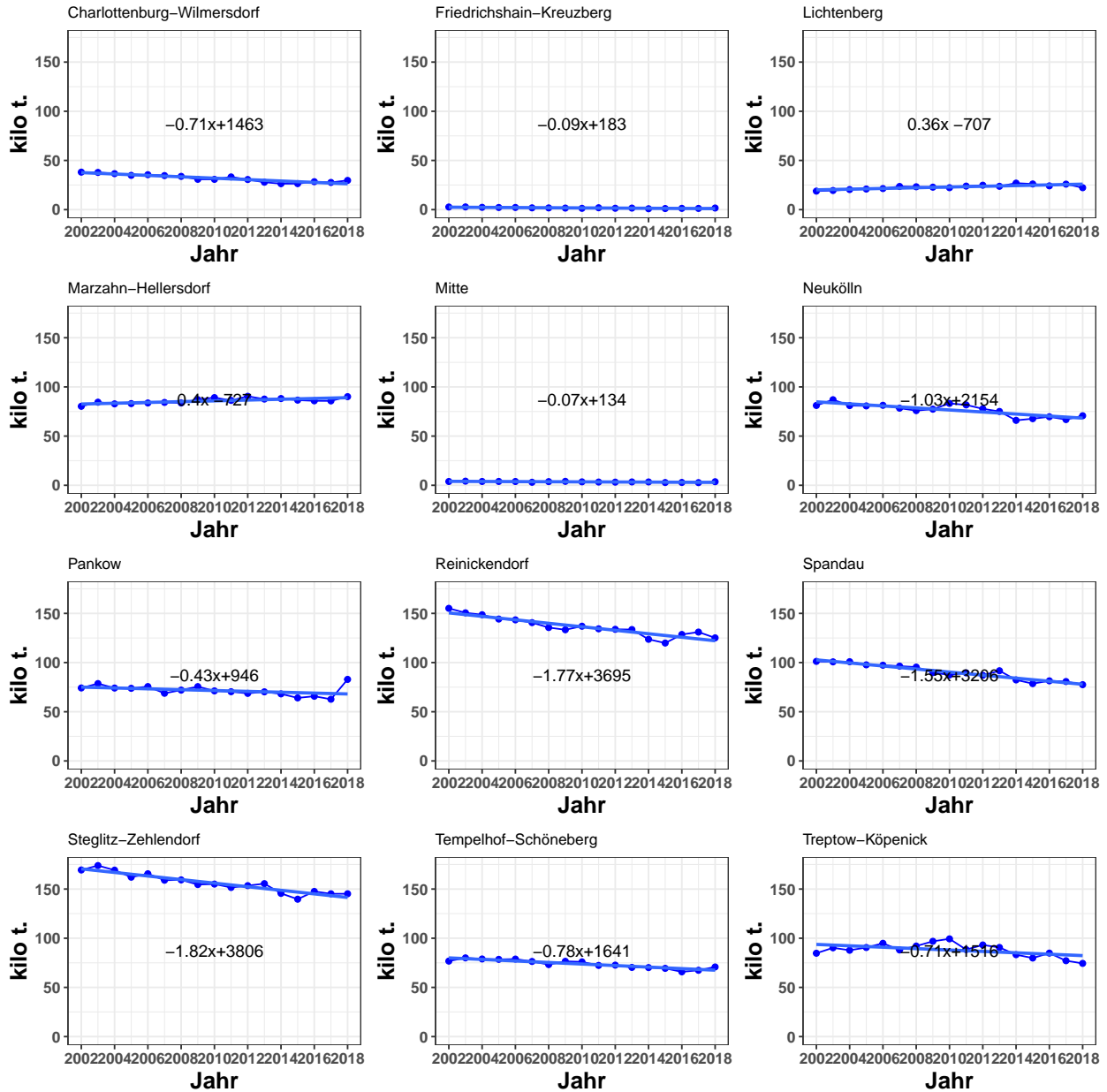
##### BOOKMARK

```
plot_reqdColumns(berlin_co2_sf,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(berlin_co2_sf)[!(names(berlin_co2_sf) %in% c("abrechnungsjahr",
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "CO2 Emissions",
  plot_title = "CO2 Emissionen von Stadtbezirken, 1-2 Familiengebäude",
  xlabel = "Jahr",
  ylabel = "kilo t.")
```

## CO2 Emissionen von Stadtbezirken, 1–2 Familiengebäude



```
gg_co2_sfh <- plot_bezirkeGridPlot(berlin_co2_sf, ylabel="kilo t.")
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(gg_co2_sfh[[1]], gg_co2_sfh[[2]], gg_co2_sfh[[3]], gg_co2_sfh[[4]],
             gg_co2_sfh[[5]], gg_co2_sfh[[6]], gg_co2_sfh[[7]], gg_co2_sfh[[8]],
             gg_co2_sfh[[9]], gg_co2_sfh[[10]], gg_co2_sfh[[11]], gg_co2_sfh[[12]], ncol=3)
```



berlin\_co2\_sfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	38.09742	2.6420502
## 2	2003	37.80490	2.7574057
## 3	2004	36.55557	2.3157077
## 4	2005	34.80975	2.1676129
## 5	2006	35.52038	2.2005804
## 6	2007	34.61589	1.8013261
## 7	2008	33.81660	1.7387840
## 8	2009	30.81899	1.5790129
## 9	2010	30.76203	1.3024370
## 10	2011	33.24231	1.8863541
## 11	2012	30.61746	1.3811595

## 12	2013	27.84803	1.5588895
## 13	2014	26.35995	0.8894664
## 14	2015	26.40115	1.0898912
## 15	2016	28.38397	1.2836638
## 16	2017	27.63538	1.2231399
## 17	2018	29.68616	1.6292390
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	18.80552	80.29233 3.836556 81.14603 74.17578	
## 2	19.42690	84.46877 4.181974 86.99925 78.64285	
## 3	20.40776	82.75563 3.869602 81.03644 74.09706	
## 4	20.93251	83.02717 3.888013 80.69251 73.81314	
## 5	21.41632	83.67787 3.832410 81.31154 75.59073	
## 6	23.53900	84.22570 3.055829 78.38818 68.76782	
## 7	23.22817	83.67059 3.696686 75.90290 72.00213	
## 8	22.81696	87.06740 3.991344 77.35572 75.55150	
## 9	22.27817	89.12768 3.480997 83.21631 71.20420	
## 10	23.90214	86.27044 3.268652 81.69211 70.36263	
## 11	24.81632	90.44962 3.177118 77.75053 68.67108	
## 12	23.71329	87.64955 3.398270 75.06751 70.25719	
## 13	26.93261	88.17813 3.382550 66.00111 68.17455	
## 14	26.07808	86.56237 2.785607 67.69596 64.07787	
## 15	24.14080	85.85100 2.847629 69.64469 65.76191	
## 16	25.91904	85.78029 2.681060 66.79758 62.71243	
## 17	22.28390	90.09915 3.598195 70.68510 82.90741	
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	155.1445 101.20824	169.3693 76.75137	
## 2	150.5977 100.71995	173.8795 80.01171	
## 3	148.6573 100.88057	169.2140 78.90565	
## 4	144.2388 97.68165	162.0571 78.51654	
## 5	143.4262 97.30835	165.5459 78.80365	
## 6	140.6145 96.40701	158.9971 76.37955	
## 7	135.6047 95.39718	159.3082 73.19770	
## 8	133.3465 89.78284	154.5792 76.52411	
## 9	136.9576 87.43720	155.0516 75.95741	
## 10	134.3306 89.50052	151.5932 72.35013	
## 11	133.8169 87.06058	153.4708 72.65895	
## 12	133.5823 91.68378	155.4803 70.33320	
## 13	123.6634 82.36480	145.6058 70.16355	
## 14	119.8576 78.59102	139.6859 69.36799	
## 15	128.5625 81.42450	147.5800 65.82777	
## 16	131.0118 80.72755	145.1726 67.40713	
## 17	125.1291 77.52542	145.1965 70.78976	
##	treptow_koepenick total		
## 1	84.73493 886.2040		
## 2	90.26747 909.7584		
## 3	87.77392 886.4692		
## 4	90.55750 872.3823		
## 5	94.81250 883.4464		
## 6	88.07161 854.8635		
## 7	92.03076 849.5944		
## 8	96.87429 850.2879		
## 9	99.34538 856.1211		
## 10	88.43798 836.8370		
## 11	93.14328 837.0138		

```
## 12      90.61622 831.1885
## 13      83.27256 784.9885
## 14      79.86163 762.0550
## 15      84.87713 786.1857
## 16      77.15177 774.2198
## 17      74.42051 793.9504
```

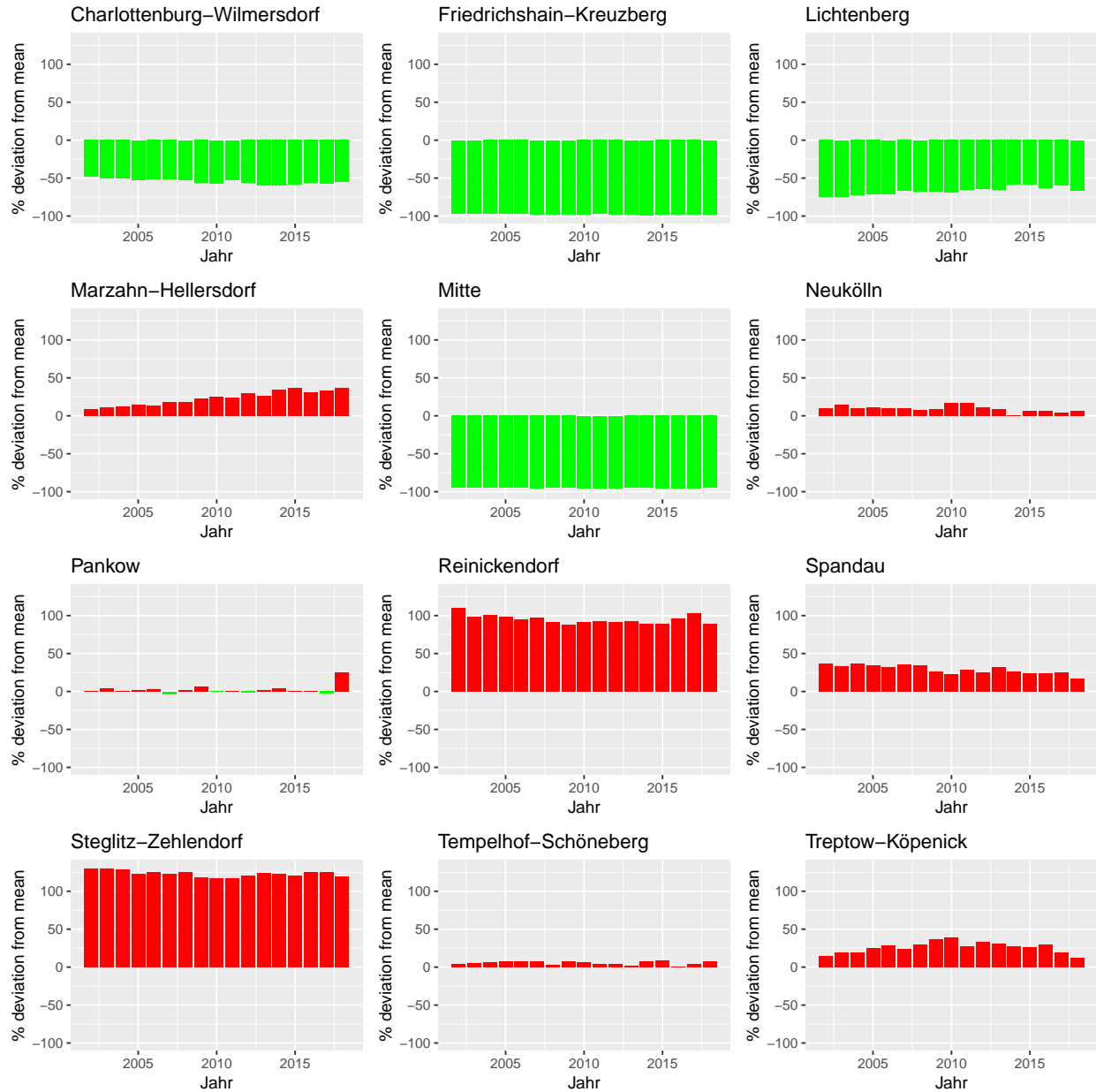
```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.1.5 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018, Veränderung in Prozent

```
berlin_co2_sfh_devFromMean <- getDeviationsFromMean(berlin_co2_sfh,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  colsToAvgOver = names(berlin_co2_sfh)[
    !(names(berlin_co2_sfh)
      ) %in% c("abrechnungsjahr", "total"))]
)

ymin <- min(berlin_co2_sfh_devFromMean[ ,
  names(berlin_co2_sfh_devFromMean)[
    !(names(berlin_co2_sfh_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
      "meanVal"))
  ]])
ymax <- max(berlin_co2_sfh_devFromMean[ ,
  names(berlin_co2_sfh_devFromMean)[
    !(names(berlin_co2_sfh_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
      "meanVal"))
  ]])
#plotDevFromMean(berlin_co2_all_devFromMean, "abrechnungsjahr", "mitte", yMin=yMin, yMax=yMax)
g_co2dev_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2dev_bezirk[[ii]] <- plotDevFromMean(input_data = berlin_co2_sfh_devFromMean,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=ymin,
    ymax=ymax,
    ylabel="% deviation from mean",
    plot_title = bezirk_name[ii])
}

require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2dev_bezirk[[1]], g_co2dev_bezirk[[2]], g_co2dev_bezirk[[3]], g_co2dev_bezirk[[4]],
  g_co2dev_bezirk[[5]], g_co2dev_bezirk[[6]], g_co2dev_bezirk[[7]], g_co2dev_bezirk[[8]],
  g_co2dev_bezirk[[9]], g_co2dev_bezirk[[10]], g_co2dev_bezirk[[11]], g_co2dev_bezirk[[12]], ncol=4)
```



berlin\_co2\_sfh\_devFromMean

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	-48.41266	-96.42243
## 2	2003	-50.13414	-96.36289
## 3	2004	-50.51527	-96.86526
## 4	2005	-52.11767	-97.01835
## 5	2006	-51.75208	-97.01091
## 6	2007	-51.40854	-97.47142
## 7	2008	-52.23612	-97.54407
## 8	2009	-56.50556	-97.77156
## 9	2010	-56.88175	-98.17441
## 10	2011	-52.33149	-97.29502
## 11	2012	-56.10473	-98.01988



## 12	2013	-59.79536	-97.74941
## 13	2014	-59.70395	-98.64029
## 14	2015	-58.42639	-98.28376
## 15	2016	-56.67593	-98.04067
## 16	2017	-57.16661	-98.10420
## 17	2018	-55.13147	-97.53752
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	-74.53563 8.723054 -94.80496 9.8790390 0.4406925		
## 2	-74.37530 11.416976 -94.48384 14.7547515 3.7324051		
## 3	-72.37432 12.025052 -94.76178 9.6978066 0.3040742		
## 4	-71.20641 14.207502 -94.65187 10.9960842 1.5332061		
## 5	-70.90986 13.661045 -94.79437 10.4468248 2.6761438		
## 6	-66.95753 18.230391 -95.71043 10.0360741 -3.4683495		
## 7	-67.19163 18.179587 -94.77866 7.2081892 1.6986028		
## 8	-67.79873 22.877059 -94.36707 9.1710961 6.6248202		
## 9	-68.77333 24.927680 -95.12079 16.6418775 -0.1951471		
## 10	-65.72502 23.709301 -95.31285 17.1441176 0.8979629		
## 11	-64.42164 29.674731 -95.44507 11.4684519 -1.5484683		
## 12	-65.76475 26.541039 -95.09386 8.3761547 1.4314120		
## 13	-58.82853 34.796572 -94.82915 0.8948958 4.2174056		
## 14	-58.93512 36.308842 -95.61353 6.6001115 0.9027453		
## 15	-63.15253 31.039285 -95.65350 6.3026573 0.3761552		
## 16	-59.82685 32.954943 -95.84450 3.5327346 -2.7990327		
## 17	-66.31946 36.178512 -94.56158 6.8355349 25.3086944		
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	110.07957 37.04507 129.3413 3.9282654		
## 2	98.64307 32.85279 129.3526 5.5379706		
## 3	101.23509 36.56051 129.0625 6.8133940		
## 4	98.40678 34.36539 122.9166 8.0029415		
## 5	94.81821 32.17555 124.8637 7.0403147		
## 6	97.38520 35.32969 123.1894 7.2164862		
## 7	91.53328 34.74266 125.0131 3.3872658		
## 8	88.19014 26.70933 118.1556 7.9974635		
## 9	91.96952 22.55818 117.3313 6.4672904		
## 10	92.62615 28.34115 117.3802 3.7479878		
## 11	91.84908 24.81597 120.0262 4.1688121		
## 12	92.85488 32.36531 124.4694 1.5411517		
## 13	89.04243 25.90982 122.5853 7.2579595		
## 14	88.73844 23.75644 119.9619 9.2330421		
## 15	96.23234 24.28286 125.2598 0.4766782		
## 16	103.06147 25.12346 125.0099 4.4775089		
## 17	89.12383 17.17419 119.4542 6.9937258		
##	treptow_koepenick meanVal		
## 1	14.73873 73.85033		
## 2	19.06563 75.81320		
## 3	18.81823 73.87243		
## 4	24.56581 72.69852		
## 5	28.78540 73.62054		
## 6	23.62902 71.23862		
## 7	29.98781 70.79953		
## 8	36.71739 70.85733		
## 9	39.24954 71.34342		
## 10	26.81750 69.73642		
## 11	33.53655 69.75115		

```
## 12      30.82406 69.26571
## 13      27.29749 65.41571
## 14      25.75727 63.50459
## 15      29.55281 65.51547
## 16      19.58120 64.51832
## 17      12.48135 66.16253
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

## 2.1.6 Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, Veränderung der co2-emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002-2018 in Prozent

\*Skip this

```
i_subsubsection <- 1
i_subsection <- i_subsection+1
```

## 2.2. Flächenbezug

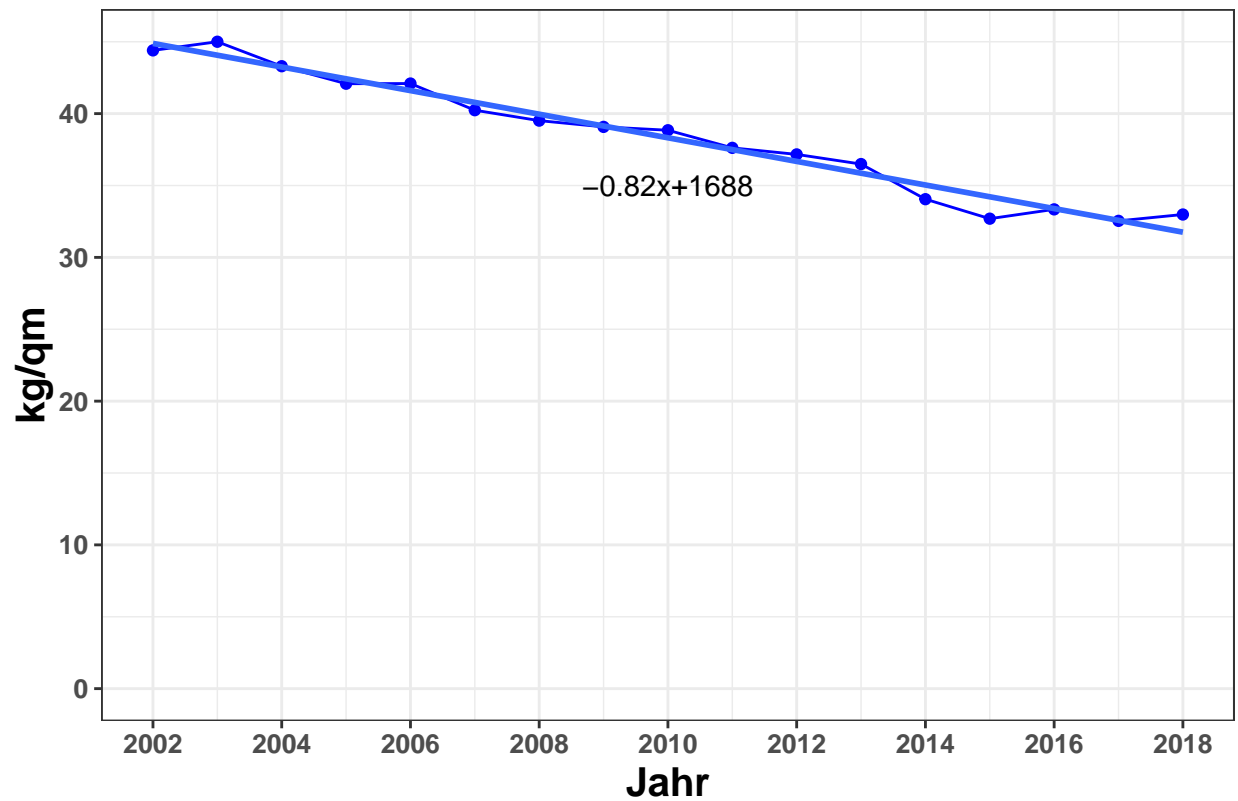
### 2.2.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in kg/m2[AN]

```
bezirk_areas_sf$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#bezirk_areas_sf
```

```
spz_co2_sf <- 1e6*berlin_co2_sf$total/bezirk_areas_sf$total
spez_co2_sf <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018 , spez_co2 = spz_co2_sf )

points_line_lm(input_data = spez_co2_sf,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "spez_co2",
               ymin=0,
               ymax=max(spez_co2_sf$spez_co2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 35,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, 1-2 Familiengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kg/qm")
```

Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, 1–2 Familiengebäude



```
spez_co2_sfh
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2
## 1      2002 44.39996
## 2      2003 45.00062
## 3      2004 43.29820
## 4      2005 42.08188
## 5      2006 42.09374
## 6      2007 40.23909
## 7      2008 39.51306
## 8      2009 39.07821
## 9      2010 38.84485
## 10     2011 37.61944
## 11     2012 37.16411
## 12     2013 36.49149
## 13     2014 34.04896
## 14     2015 32.69275
## 15     2016 33.34064
## 16     2017 32.54050
## 17     2018 32.98276
```

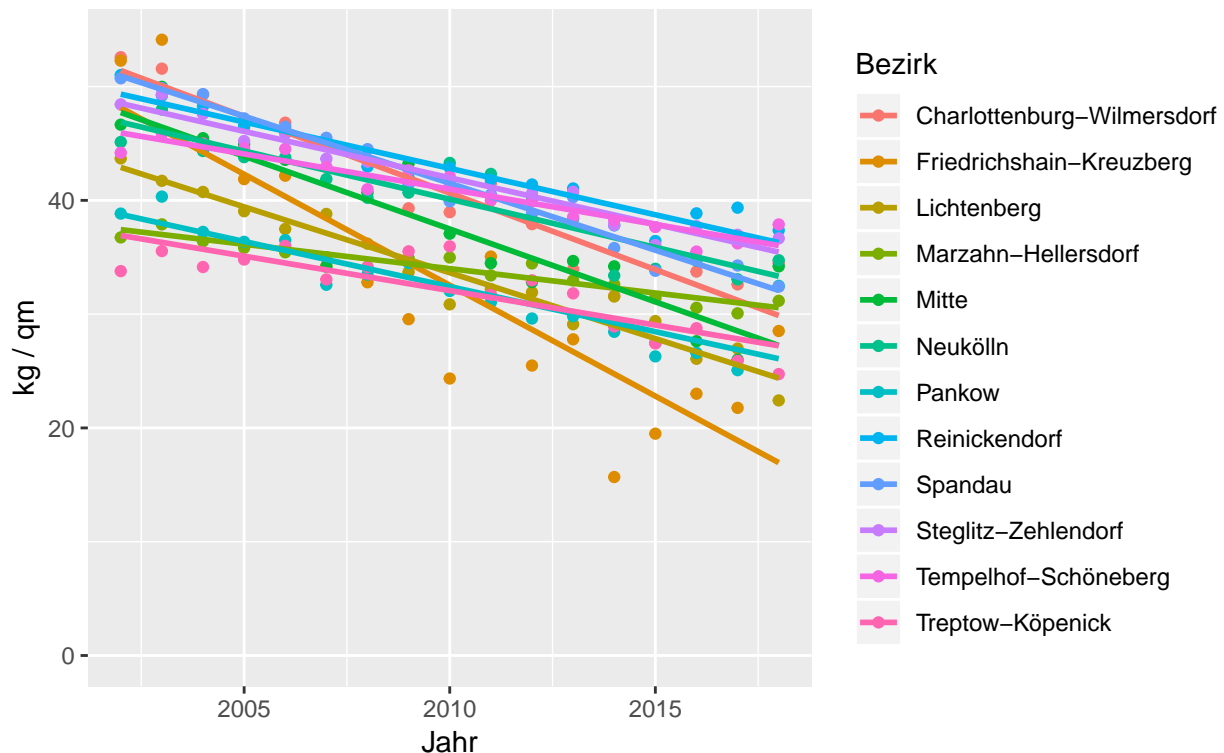
```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

## 2.2.2. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum 2002 - 2008 in kg/m<sup>2</sup>[AN]

```
bezirke_spez_co2_sf_h <- 1e6*berlin_co2_sf_h/bezirk_areas_sf_h
bezirke_spez_co2_sf_h$abrechnungsjahr <- 2002:2018
```

```
plot_reqdColumns(bezirke_spez_co2_sf_h,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(bezirke_spez_co2_sf_h)[!(names(bezirke_spez_co2_sf_h) %in% c("abrechnungsjahr", "total_co2_sf_h"))],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "CO2 Emissions in kg/m2",
  xlabel = "Jahr",
  ylabel = "kg / qm",
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen von Stadtbezirken,\n1-2 Familiengebäude")
```

### Spezifische CO2 Emissionen von Stadtbezirken, 1-2 Familiengebäude

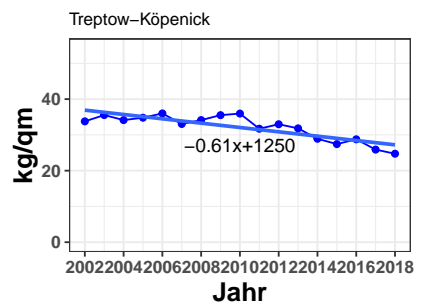
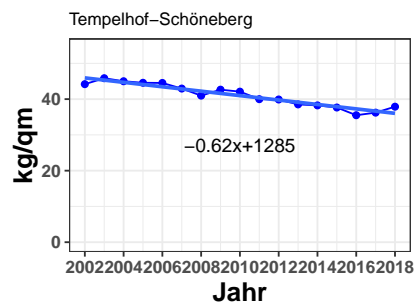
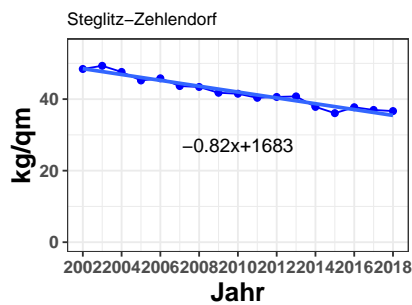
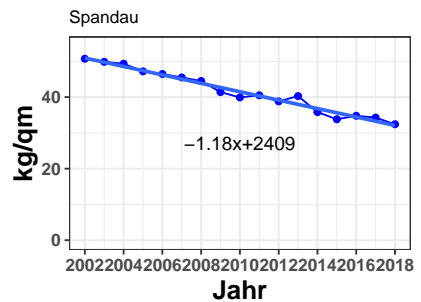
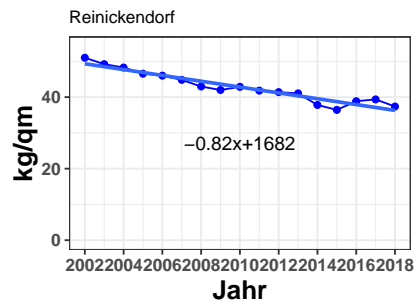
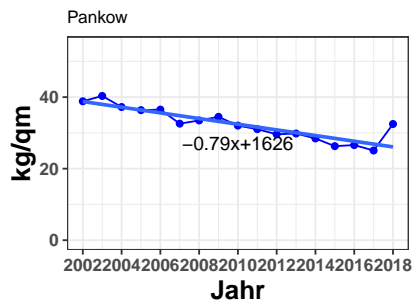
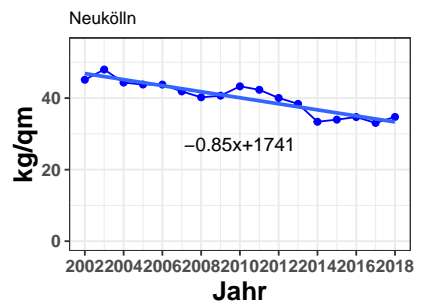
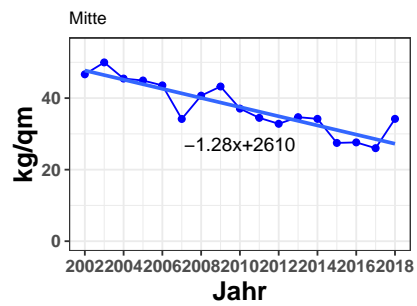
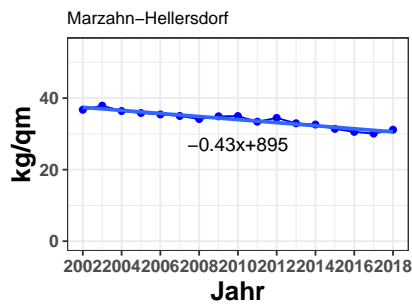
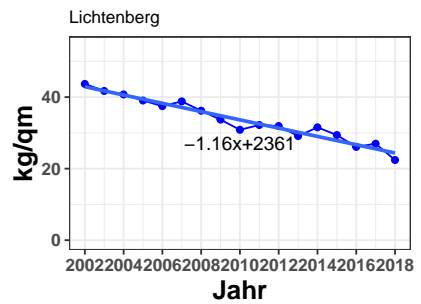
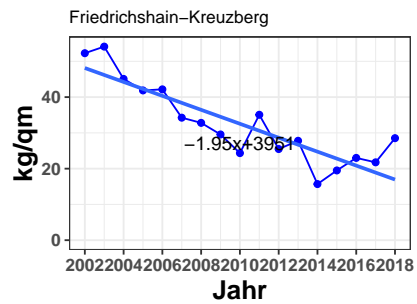
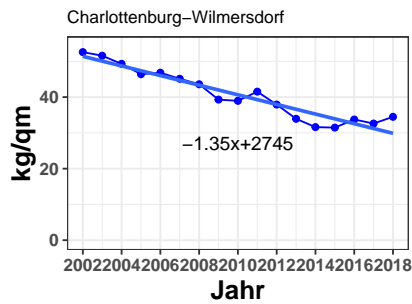


```
reqdCols <- names(bezirke_spez_co2_sf_h)[!(names(bezirke_spez_co2_sf_h) %in% c("abrechnungsjahr", "total_co2_sf_h"))]
ymax <- max(bezirke_spez_co2_sf_h[, reqdCols])
g_co2spez_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2spez_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = bezirke_spez_co2_sf_h,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=0,
    ymax=ymax,
```

```

    x_eq = 2010,
    y_eq = 0.5*ymax,
    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "kg/qm")
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2spezial_bezirk[[1]],g_co2spezial_bezirk[[2]],g_co2spezial_bezirk[[3]],g_co2spezial_bezirk[[4]],
             g_co2spezial_bezirk[[5]],g_co2spezial_bezirk[[6]],g_co2spezial_bezirk[[7]],g_co2spezial_bezirk[[8]],
             g_co2spezial_bezirk[[9]],g_co2spezial_bezirk[[10]],g_co2spezial_bezirk[[11]],g_co2spezial_bezirk[[12]])

```



bezirke\_spez\_co2\_sfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	52.58175	52.27839		
## 2	2003	51.57206	54.11984		
## 3	2004	49.29530	45.08609		
## 4	2005	46.40828	41.86698		
## 5	2006	46.82426	42.16825		
## 6	2007	45.12551	34.24729		
## 7	2008	43.59970	32.80135		
## 8	2009	39.30350	29.55767		
## 9	2010	38.95901	24.34462		
## 10	2011	41.52693	35.06234		
## 11	2012	37.91166	25.48265		
## 12	2013	33.94032	27.78769		
## 13	2014	31.61044	15.68724		
## 14	2015	31.47490	19.49716		
## 15	2016	33.74224	23.00473		
## 16	2017	32.61197	21.76406		
## 17	2018	34.48886	28.51881		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	43.68744	36.74286	46.65114	45.12915	38.83670
## 2	41.71773	37.88984	49.97878	47.98966	40.32812
## 3	40.74268	36.40170	45.46551	44.33877	37.23078
## 4	39.04496	35.82656	44.92402	43.79617	36.35499
## 5	37.48488	35.43345	43.55896	43.78070	36.50882
## 6	38.80793	35.01198	34.17470	41.87320	32.58192
## 7	36.19391	34.15545	40.68840	40.22779	33.47772
## 8	33.70358	34.91389	43.24818	40.67890	34.48451
## 9	30.86047	34.97947	37.07132	43.29222	32.03356
## 10	32.20011	33.40449	34.47945	42.32533	31.03914
## 11	31.91810	34.45700	32.82147	40.04044	29.61492
## 12	29.11393	32.96087	34.67623	38.38789	29.82180
## 13	31.54810	32.60905	34.20172	33.38785	28.44755
## 14	29.39038	31.40300	27.47147	33.98733	26.28728
## 15	26.07561	30.55957	27.62007	34.70608	26.59518
## 16	26.97652	30.07513	26.00446	33.05992	25.07795
## 17	22.41930	31.17132	34.19989	34.73926	32.48605
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	51.01622	50.72967	48.43132	44.18474	
## 2	49.21090	49.86568	49.31249	45.84476	
## 3	48.27445	49.34000	47.59824	44.99910	
## 4	46.54985	47.20345	45.21656	44.56829	
## 5	46.00301	46.46675	45.81960	44.52355	
## 6	44.82557	45.49807	43.65694	42.95447	
## 7	42.96596	44.50118	43.39714	40.97566	
## 8	41.99540	41.40368	41.77918	42.64158	
## 9	42.87563	39.91655	41.50759	42.09099	
## 10	41.81497	40.51264	40.37209	39.98791	
## 11	41.39735	38.81088	40.61363	39.89619	
## 12	41.04668	40.28285	40.76034	38.52185	
## 13	37.80254	35.81234	37.83147	38.24878	
## 14	36.43087	33.80986	36.07777	37.65702	

```
## 15      38.85826 34.78193      37.73171      35.50006
## 16      39.35826 34.27339      36.97063      36.22286
## 17      37.37668 32.41774      36.65962      37.88465
##      treptow_koepenick      total
## 1      33.78271 44.39996
## 2      35.54502 45.00062
## 3      34.14243 43.29820
## 4      34.80159 42.08188
## 5      36.00384 42.09374
## 6      33.05133 40.23909
## 7      34.13625 39.51306
## 8      35.52054 39.07821
## 9      35.95953 38.84485
## 10     31.72208 37.61944
## 11     32.97458 37.16411
## 12     31.82643 36.49149
## 13     28.91709 34.04896
## 14     27.42595 32.69275
## 15     28.76508 33.34064
## 16     25.89073 32.54050
## 17     24.73346 32.98276
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.2.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m2[AN]

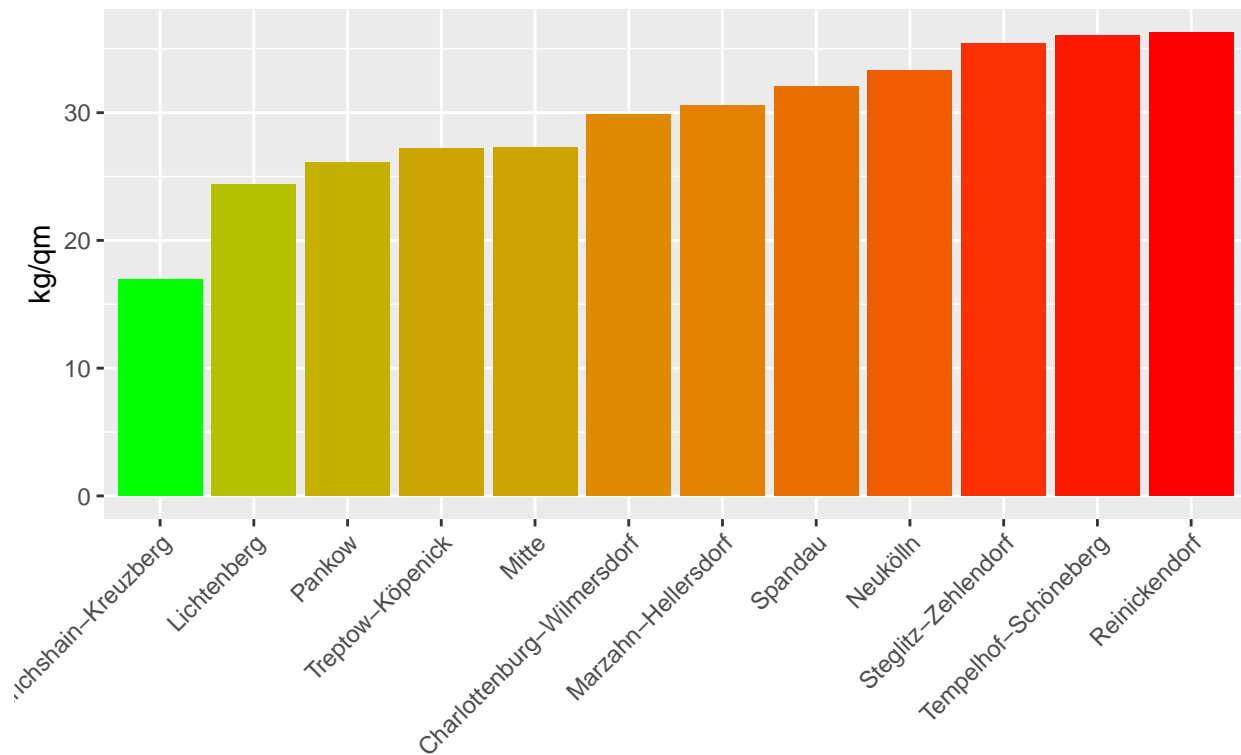
```
bezirke_spez_co2_sfh_linear <- linearizer(bezirke_spez_co2_sfh , dropCols = NULL , xVar = "abrechnungsjahr")
```

```
#bezirke_spez_co2_sfh_linear
```

```
bezirke_spez_co2_sfh_linear_2018 <- bezirke_spez_co2_sfh_linear[bezirke_spez_co2_sfh_linear$abrechnungsjahr == 2018,]
bezirke_spezco2_sfh_linear_2018 <- as.data.frame(t(bezirke_spez_co2_sfh_linear_2018))
bezirke_spezco2_sfh_linear_2018$bezirk <- row.names(bezirke_spezco2_sfh_linear_2018)
names(bezirke_spezco2_sfh_linear_2018) <- c("wert", "bezirk")
bezirke_spezco2_sfh_linear_2018 <- bezirke_spezco2_sfh_linear_2018[bezirke_spezco2_sfh_linear_2018$bezirk,]
bezirke_spezco2_sfh_linear_2018 <- bezirke_spezco2_sfh_linear_2018[bezirke_spezco2_sfh_linear_2018$bezirk,]
#bezirke_spezco2_sfh_linear_2018
```

```
plot_spezCO2_2018(obj = bezirke_spezco2_sfh_linear_2018 ,
                  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen 2018, 1-2 Familiengebäude")
```

## Spezifische CO2 Emissionen 2018, 1–2 Familiengebäude



```
bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018
```

```
##
## charlottenburg_wilmersdorf 29.88073 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg 16.95070 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg 24.37576 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf 30.57223 marzahn_hellersdorf
## mitte 27.24539 mitte
## neukoelln 33.33331 neukoelln
## pankow 26.08267 pankow
## reinickendorf 36.28970 reinickendorf
## spandau 32.08602 spandau
## steglitz_zehlendorf 35.45359 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg 36.03124 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick 27.22228 treptow_koepenick
```

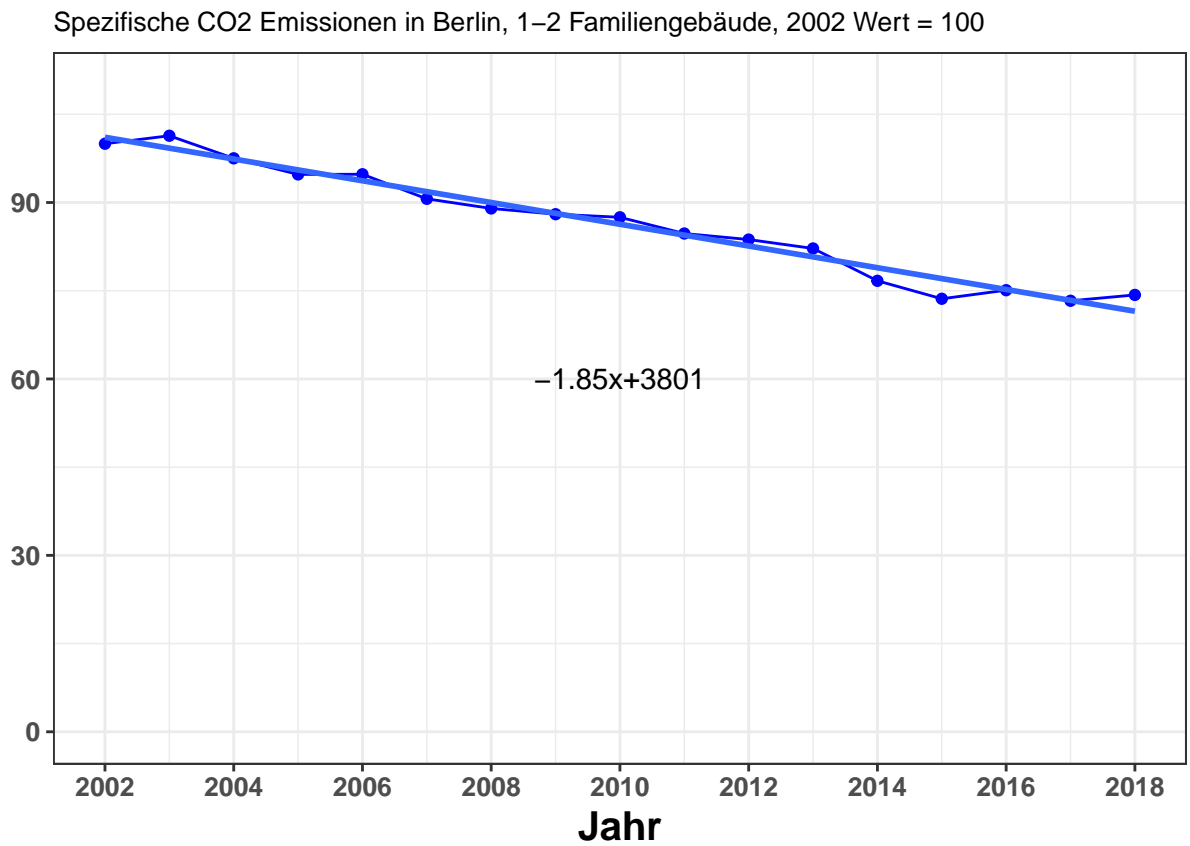
```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

2.2.4. Berlin, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002 - 2008, 2002 = 100

```
#get2002as100(spez_co2_sf_h , "abrechnungsjahr")
```



```
points_line_lm(input_data = get2002as100(spez_co2_sfh , "abrechnungsjahr"),
  xVar = "abrechnungsjahr",
  yVar = "spez_co2",
  ymin=0,
  ymax=110,
  x_eq = 2010,
  y_eq = 60,
  size_eq = 4,
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, 1-2 Familiengebäude, 2002 Wert = 100",
  xlab = "Jahr",
  ylab = " ")
```



```
get2002as100(spez_co2_sfh , "abrechnungsjahr")
```

```
##   abrechnungsjahr  spez_co2
## 1             2002 100.00000
## 2             2003 101.35284
## 3             2004  97.51855
## 4             2005  94.77911
## 5             2006  94.80581
## 6             2007  90.62866
## 7             2008  88.99346
## 8             2009  88.01408
## 9             2010  87.48848
## 10            2011  84.72856
```

```
## 11      2012  83.70303
## 12      2013  82.18812
## 13      2014  76.68691
## 14      2015  73.63240
## 15      2016  75.09161
## 16      2017  73.28948
## 17      2018  74.28556
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

## 2.2.5. Alle Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002 - 2018 und Niveau 2018 (Rangfolge)

Take the Berlin specific CO2 emission for 2018 as the baseline, Subtract from this the 2018 value of specific co2 emission of Stadtbezirk X. Do for all the bezirks and make a barplot.

```
spez_co2_sf_h_linear <- linearizer(spez_co2_sf_h,dropCols=NULL,xVar="abrechnungsjahr")
spez_co2_sf_h_linear_2018 <- spez_co2_sf_h_linear$spez_co2[spez_co2_sf_h_linear$abrechnungsjahr==2018]
#spez_co2_sf_h_linear_2018
```

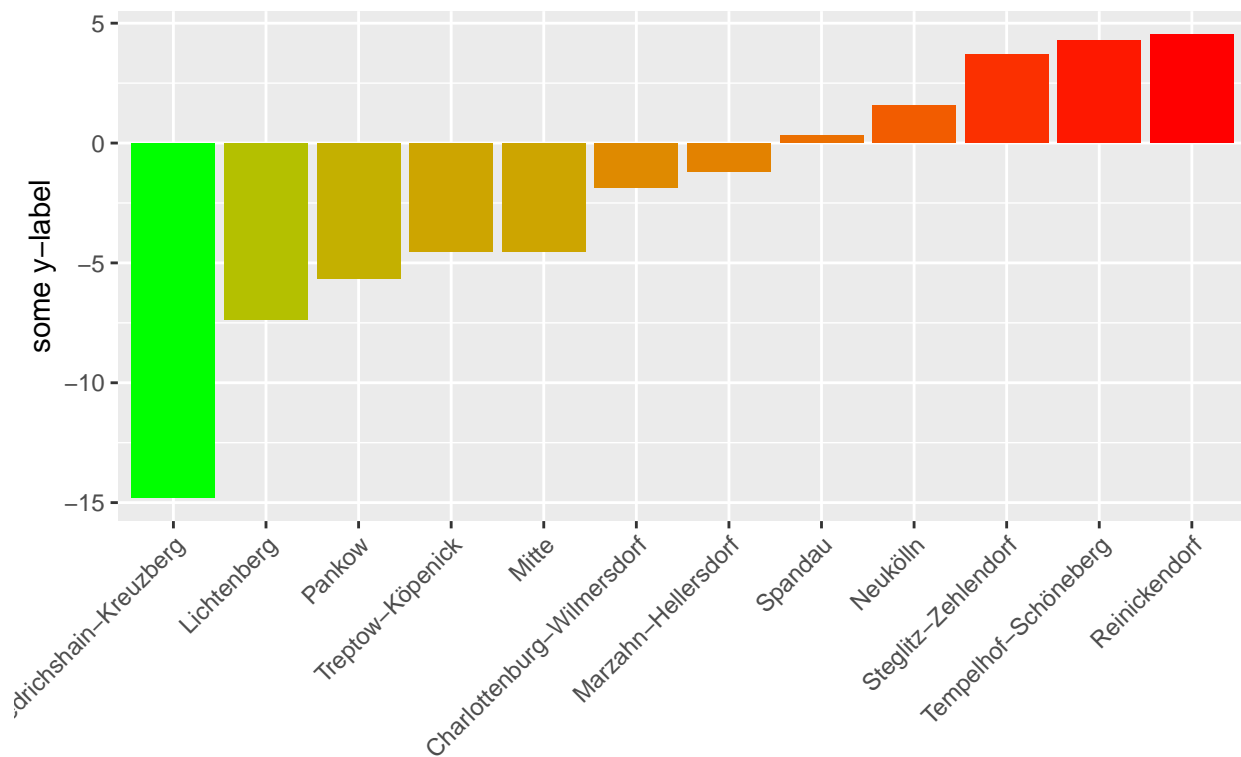
```
#bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018
```

```
bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018$dev_from_berlin <- bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018$wert - spez_co2_sf_h_
```

```
#bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018
```

```
plot_devFromBerlin2018(bezirke_spezco2_sf_h_linear_2018,
                        "2018 deviation from Berlin, 1-2 Familiengebäude",
                        "some y-label")
```

2018 deviation from Berlin, 1–2 Familiengebäude



bezirke\_spezco2\_sfh\_linear\_2018

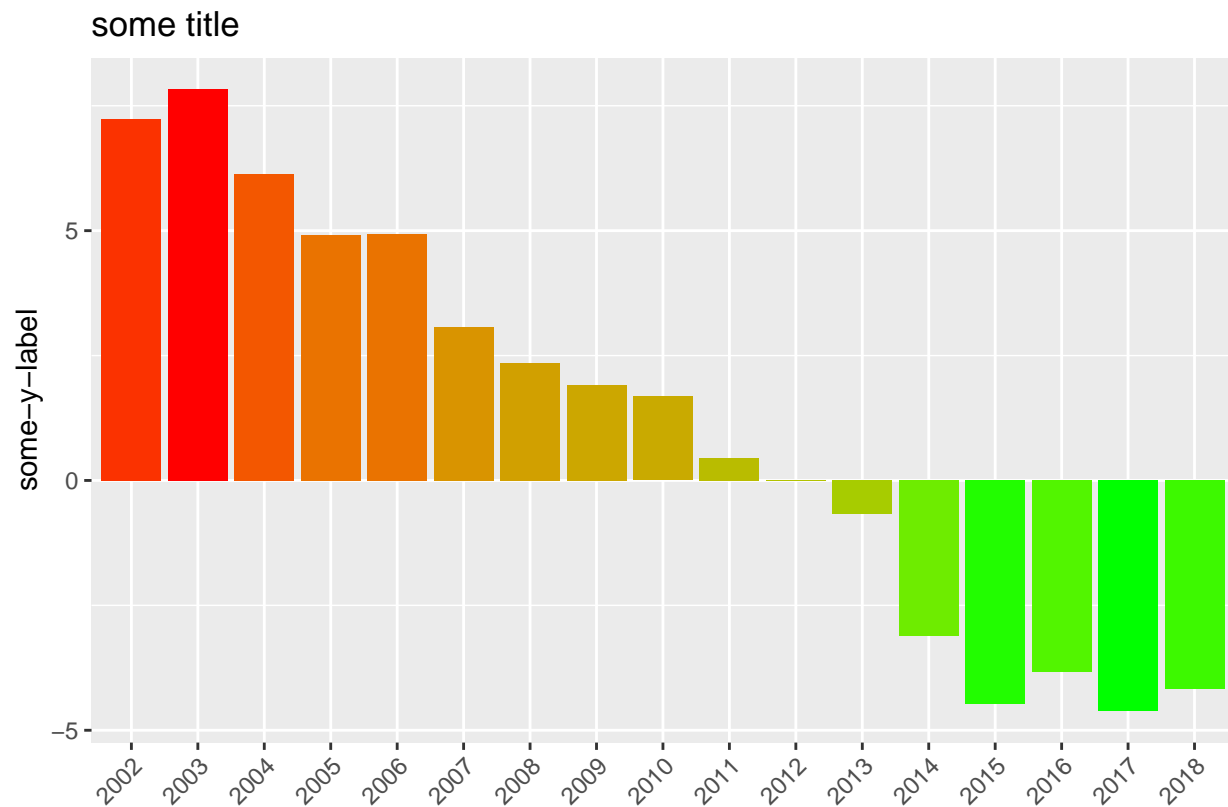
```
##                               wert                               bezirk
## charlottenburg_wilmersdorf 29.88073 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg  16.95070 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg                24.37576 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf        30.57223 marzahn_hellersdorf
## mitte                     27.24539 mitte
## neukoelln                  33.33331 neukoelln
## pankow                     26.08267 pankow
## reinickendorf              36.28970 reinickendorf
## spandau                    32.08602 spandau
## steglitz_zehlendorf        35.45359 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg      36.03124 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick         27.22228 treptow_koepenick
##                               dev_from_berlin
## charlottenburg_wilmersdorf -1.8734372
## friedrichshain_kreuzberg  -14.8034755
## lichtenberg                -7.3784140
## marzahn_hellersdorf        -1.1819394
## mitte                     -4.5087848
## neukoelln                   1.5791386
## pankow                     -5.6715040
## reinickendorf              4.5355294
## spandau                     0.3318537
## steglitz_zehlendorf        3.6994142
```

```
## tempelhof_schoeneberg      4.2770692
## treptow_koepenick        -4.5318942
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

## 2.2.6. Berlin, 1-2 Familiengebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2012 - 2018

```
barPlot_delta2012(changeFrom2012(spez_co2_sf) , "some-y-label" , "some title")
```



```
changeFrom2012(spez_co2_sf)
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2  delta2012
## 1      2002  44.39996  7.2358466
## 2      2003  45.00062  7.8365076
## 3      2004  43.29820  6.1340857
## 4      2005  42.08188  4.9177732
## 5      2006  42.09374  4.9296294
## 6      2007  40.23909  3.0749768
## 7      2008  39.51306  2.3489466
## 8      2009  39.07821  1.9141024
## 9      2010  38.84485  1.6807392
## 10     2011  37.61944  0.4553335
```

```
## 11          2012 37.16411  0.0000000
## 12          2013 36.49149 -0.6726222
## 13          2014 34.04896 -3.1151534
## 14          2015 32.69275 -4.4713565
## 15          2016 33.34064 -3.8234699
## 16          2017 32.54050 -4.6236134
## 17          2018 32.98276 -4.1813556
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 2.3. Emission pro Einwohner

```
i_subsubsection <- 1
```

### 2.3.1. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner

I need the data for the population in SFH and MFH buildings

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.3.2. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO<sub>2</sub>-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2008, 2002 = 100

I need the data for the population in SFH and MFH buildings

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.3.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner

I need the data for the population in SFH and MFH buildings

```
i_subsubsection <- i_subsubsection+1
```

### 2.3.4. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002 / 2018 in Prozent

I need the data for the population in SFH and MFH buildings

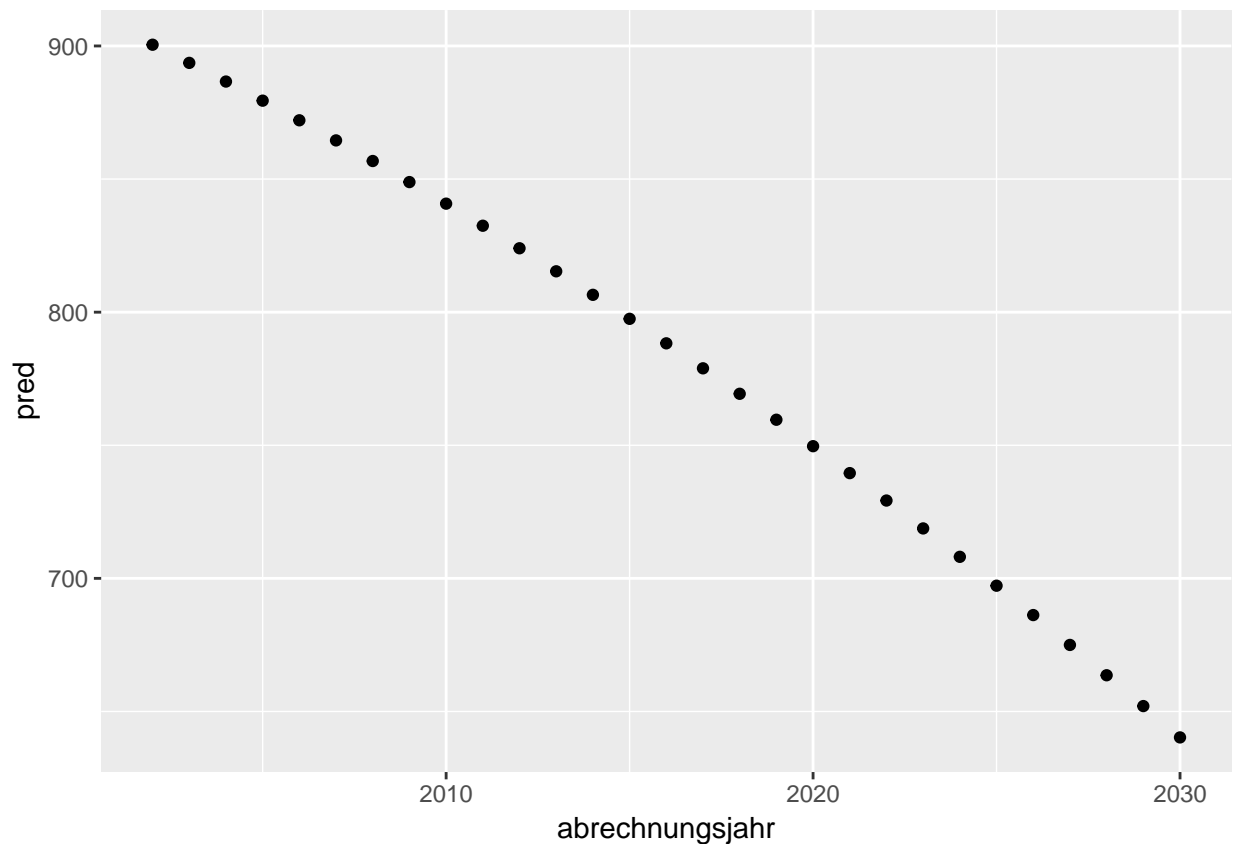
```
i_subsection <- i_subsection+1
```

## 2.4. Prognose

```
i_subsubsection <- 1
```

### 2.4.1 Berlin, 1-2 Familiengebäude, Prognose der CO2-Emission aus der Beheizung 2019-2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades)

```
quadmodel_sfh <- lm(total~abrechnungsjahr+I(abrechnungsjahr^2),data=berlin_co2_sfh)
from2002_till_2030 <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2030)
prognose_sfh <- data.frame(abrechnungsjahr = 2002:2030 , pred = as.numeric(predict(quadmodel_sfh,newdata=from2002_till_2030)))
ggplot(prognose_sfh , aes(x=abrechnungsjahr , y = pred))+geom_point()
```



prognose\_sfh

##	abrechnungsjahr	pred
## 1	2002	900.4637
## 2	2003	893.6411
## 3	2004	886.6354
## 4	2005	879.4467
## 5	2006	872.0751
## 6	2007	864.5205
## 7	2008	856.7828
## 8	2009	848.8622
## 9	2010	840.7586
## 10	2011	832.4720
## 11	2012	824.0024
## 12	2013	815.3498
## 13	2014	806.5142

```
## 14      2015 797.4957
## 15      2016 788.2941
## 16      2017 778.9095
## 17      2018 769.3420
## 18      2019 759.5914
## 19      2020 749.6579
## 20      2021 739.5414
## 21      2022 729.2418
## 22      2023 718.7593
## 23      2024 708.0938
## 24      2025 697.2453
## 25      2026 686.2138
## 26      2027 674.9993
## 27      2028 663.6019
## 28      2029 652.0214
## 29      2030 640.2579
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

## 2.5. Diskussion

```
i_section <- i_section + 1
```

## 3. Alle Stadtbezirke, CO2-Emission aus Beheizung, Mehrfamiliengebäude

```
i_subsection <- 1
```

### 3.1. Absolute Zahlen

```
i_subsubsection <- 1
```

#### 3.1.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in 1.000 t

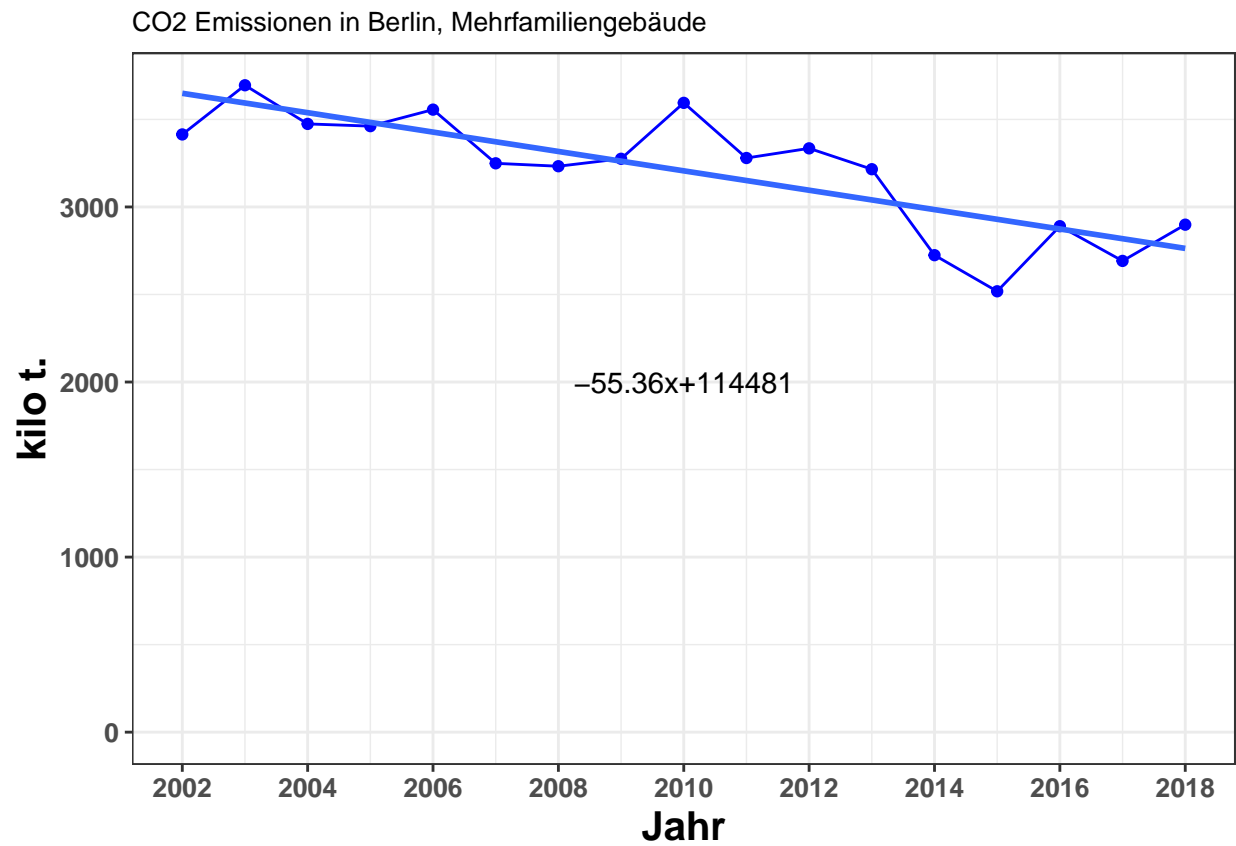
```
berlin_co2_mfh <- getRowSums(alles_bezirke_co2$mfh , dropCols = "abrechnungsjahr")
#berlin_co2_mfh
```

```
points_line_lm(input_data = berlin_co2_mfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "total",
               ymin = 0,
               ymax = max(berlin_co2_mfh$total),
               x_eq = 2010,
```

```

y_eq = 2000,
size_eq = 4,
plot_title = "CO2 Emissionen in Berlin, Mehrfamiliengebäude",
xlab = "Jahr",
ylab = "kilo t.")

```



berlin\_co2\_mfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	399.4319	294.5903
## 2	2003	428.7574	285.2599
## 3	2004	487.3740	265.4926
## 4	2005	464.2615	267.3698
## 5	2006	470.9326	285.2576
## 6	2007	432.8151	258.6166
## 7	2008	437.8208	256.1559
## 8	2009	367.0769	250.5691
## 9	2010	466.4220	299.6834
## 10	2011	406.0426	236.2316
## 11	2012	433.2303	259.3602
## 12	2013	432.6927	234.4584
## 13	2014	312.0602	190.2834
## 14	2015	288.5501	189.8730
## 15	2016	319.9204	208.9419
## 16	2017	291.1997	211.2094



## 17	2018		299.4857	250.6355
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln pankow
## 1	197.8288	194.9590	299.8237	305.7769 314.5353
## 2	218.9227	228.7326	363.4527	347.6245 326.1561
## 3	206.0229	184.1448	303.1198	280.7814 292.0211
## 4	212.6354	199.2728	313.2652	265.8171 308.1265
## 5	219.0445	205.7710	332.8238	271.1962 328.4206
## 6	187.5135	197.4030	293.0286	256.7947 289.4172
## 7	188.5437	188.2577	297.5764	267.2961 271.8597
## 8	193.4413	185.3657	325.3449	293.8530 297.1925
## 9	176.7431	179.2739	346.5025	335.4331 310.6348
## 10	186.2777	192.8415	333.2555	257.1378 280.7929
## 11	208.8802	155.6528	339.5435	301.2706 286.4102
## 12	237.5872	150.1481	327.6683	270.8242 278.1617
## 13	198.8600	150.3532	277.6579	248.7458 247.7072
## 14	105.3295	182.1429	229.8670	203.6787 256.2420
## 15	172.5166	270.9775	262.8924	228.0288 264.6023
## 16	178.9619	203.6450	238.9326	176.8744 264.7486
## 17	195.6437	169.9895	215.0268	189.5899 305.2096
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg
## 1	237.6168	214.7627	366.4703	438.4259
## 2	266.4768	288.9667	381.3114	412.2325
## 3	263.6580	245.5112	382.8616	421.1726
## 4	262.7532	212.7252	368.5249	427.6592
## 5	260.9500	220.2762	364.9041	424.8567
## 6	237.3749	201.0138	336.0696	394.6403
## 7	236.4264	201.4594	341.7312	386.5658
## 8	231.6706	199.7286	353.8380	405.7434
## 9	257.4369	236.4398	352.7395	419.7519
## 10	259.4820	250.2316	331.0659	379.2563
## 11	250.7585	223.6976	341.8102	362.8596
## 12	238.8646	220.1399	342.7692	337.6356
## 13	221.3182	144.7948	319.2455	308.4756
## 14	211.0874	158.5048	292.5753	263.8983
## 15	200.9154	199.2340	315.7682	299.1469
## 16	220.5056	189.8054	284.5172	286.1142
## 17	243.4327	234.5722	297.0251	322.4263
##	treptow_koepenick	total		
## 1	149.9418	3414.163		
## 2	147.1074	3695.001		
## 3	142.1288	3474.289		
## 4	159.1405	3461.551		
## 5	171.4268	3555.860		
## 6	164.4947	3249.182		
## 7	158.8997	3232.593		
## 8	171.2832	3275.107		
## 9	213.4970	3594.558		
## 10	166.8512	3279.467		
## 11	171.2525	3334.726		
## 12	144.5580	3215.508		
## 13	104.9723	2724.474		
## 14	136.4625	2518.211		
## 15	147.0979	2890.042		
## 16	145.1398	2691.654		

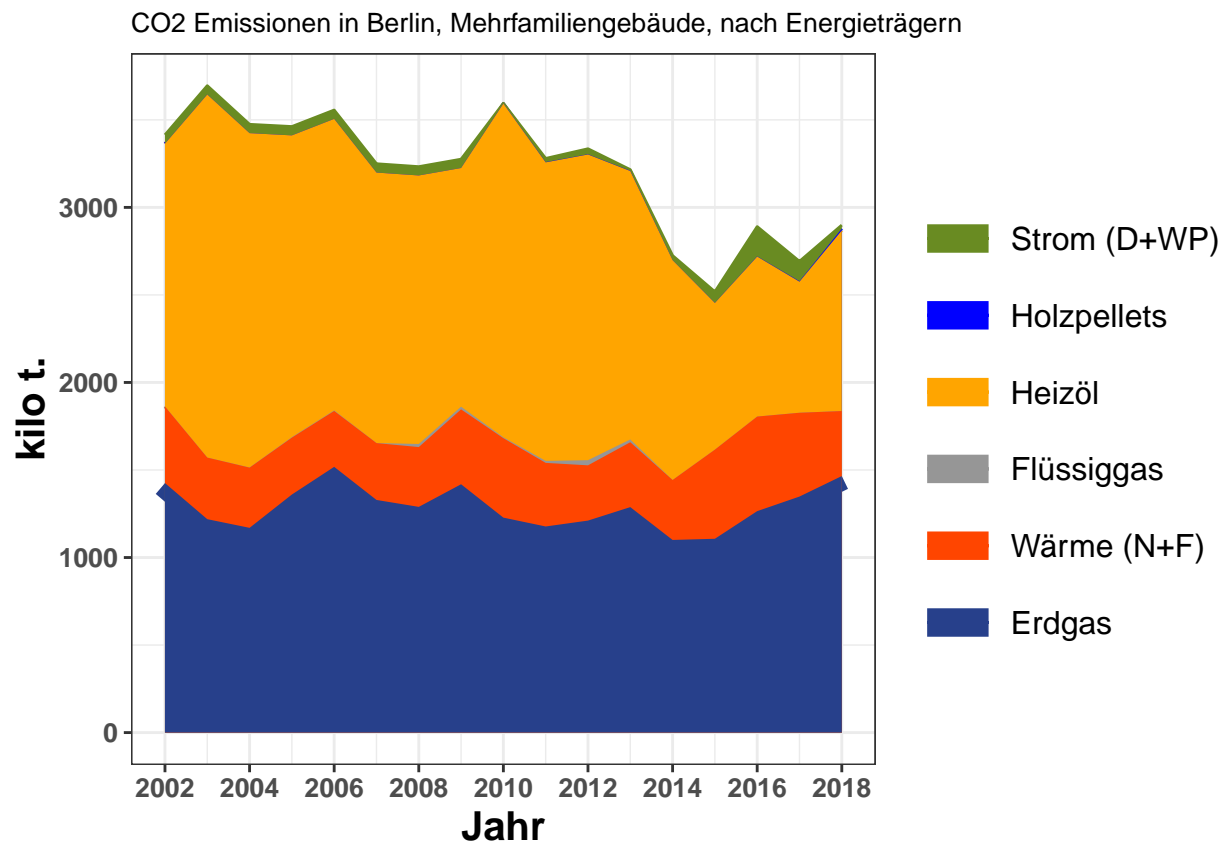
```
## 17          175.6874 2898.724
```

- Now split by ET

```
co2_mfh_allebezirke_byET <- co2_allebezirke_byET$mfh  
#co2_mfh_allebezirke_byET
```

```
co2_mfh_allebezirke_byET_cumsums <- getCumSums(obj=co2_mfh_allebezirke_byET , dropCols=c("abrechnungsjahr"  
#co2_mfh_allebezirke_byET_cumsums
```

```
plot_byET(co2_mfh_allebezirke_byET_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "kilo t." , plottitle = "CO2 Em
```



```
co2_mfh_allebezirke_byET
```

```
##      abrechnungsjahr  erdgas  waerme fluessiggas  heizoel holzpellets  
## 1      2002 1425.313 437.1350    0.0000000 1501.3892 0.00000000  
## 2      2003 1219.068 351.7543    0.0000000 2073.8530 0.00000000  
## 3      2004 1169.550 344.0184    0.6333009 1909.7609 0.00000000  
## 4      2005 1359.731 325.0214    2.9657339 1723.4576 0.04967672  
## 5      2006 1517.858 319.2860    3.1605813 1665.1732 0.05636583  
## 6      2007 1328.905 324.6698    0.2929358 1544.9283 0.05977333  
## 7      2008 1289.191 341.7451   17.5996834 1533.6597 0.07157690  
## 8      2009 1418.327 427.7833   15.3941549 1363.1877 0.08886308  
## 9      2010 1227.913 453.7213    5.0212943 1906.2964 0.45348290
```

```
## 10      2011 1177.274 363.3279 11.4281780 1705.2408 1.45844436
## 11      2012 1210.889 315.7326 29.3201612 1746.1593 1.23600422
## 12      2013 1287.861 370.5967 15.7815962 1533.4588 1.50466603
## 13      2014 1100.413 342.2969 0.0000000 1255.8463 0.00000000
## 14      2015 1107.041 509.0914 0.0000000 837.8540 0.00000000
## 15      2016 1264.798 540.2873 0.0000000 914.0285 1.21437607
## 16      2017 1348.226 478.6880 0.0000000 748.6488 2.73720749
## 17      2018 1465.321 371.3238 0.0000000 1031.4683 10.47154931
##          strom    total
## 1  50.325909 3414.163
## 2  50.325909 3695.001
## 3  50.325909 3474.289
## 4  50.325909 3461.551
## 5  50.325909 3555.860
## 6  50.325909 3249.182
## 7  50.325909 3232.593
## 8  50.325909 3275.107
## 9   1.152581 3594.558
## 10 20.736782 3279.467
## 11 31.388955 3334.726
## 12  6.305046 3215.508
## 13 25.917551 2724.474
## 14 64.224565 2518.211
## 15 169.714340 2890.042
## 16 113.353242 2691.654
## 17 20.140117 2898.724
```

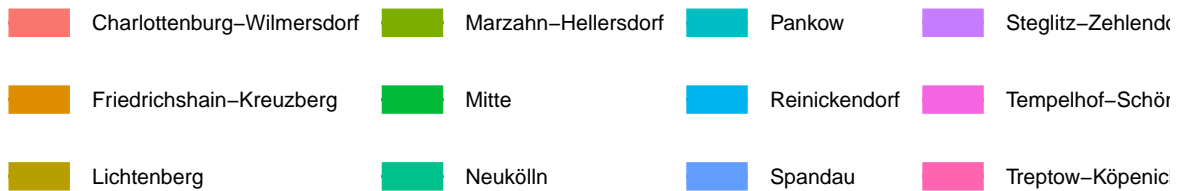
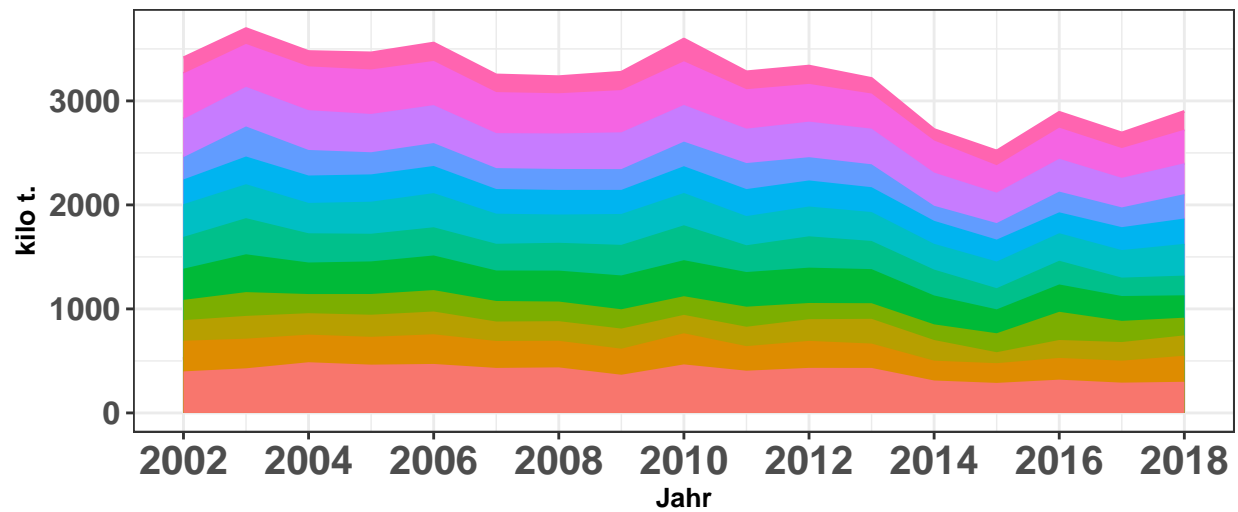
```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.1.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 summiert in 1.000 t

- Here CO2 emissions split by the bezirke

```
berlin_co2_mfh_cumsums <- getCumSums(obj=berlin_co2_mfh , dropCols=c("abrechnungsjahr","total"))
plot_byBezirke(berlin_co2_mfh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "kilo t." , plottitle="CO2 Emissionen")
```

CO2 Emissionen in Berlin, Mehrfamiliengebäude, nach Bezirk



berlin\_co2\_mfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	399.4319	294.5903		
## 2	2003	428.7574	285.2599		
## 3	2004	487.3740	265.4926		
## 4	2005	464.2615	267.3698		
## 5	2006	470.9326	285.2576		
## 6	2007	432.8151	258.6166		
## 7	2008	437.8208	256.1559		
## 8	2009	367.0769	250.5691		
## 9	2010	466.4220	299.6834		
## 10	2011	406.0426	236.2316		
## 11	2012	433.2303	259.3602		
## 12	2013	432.6927	234.4584		
## 13	2014	312.0602	190.2834		
## 14	2015	288.5501	189.8730		
## 15	2016	319.9204	208.9419		
## 16	2017	291.1997	211.2094		
## 17	2018	299.4857	250.6355		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	197.8288	194.9590	299.8237	305.7769	314.5353
## 2	218.9227	228.7326	363.4527	347.6245	326.1561
## 3	206.0229	184.1448	303.1198	280.7814	292.0211
## 4	212.6354	199.2728	313.2652	265.8171	308.1265
## 5	219.0445	205.7710	332.8238	271.1962	328.4206

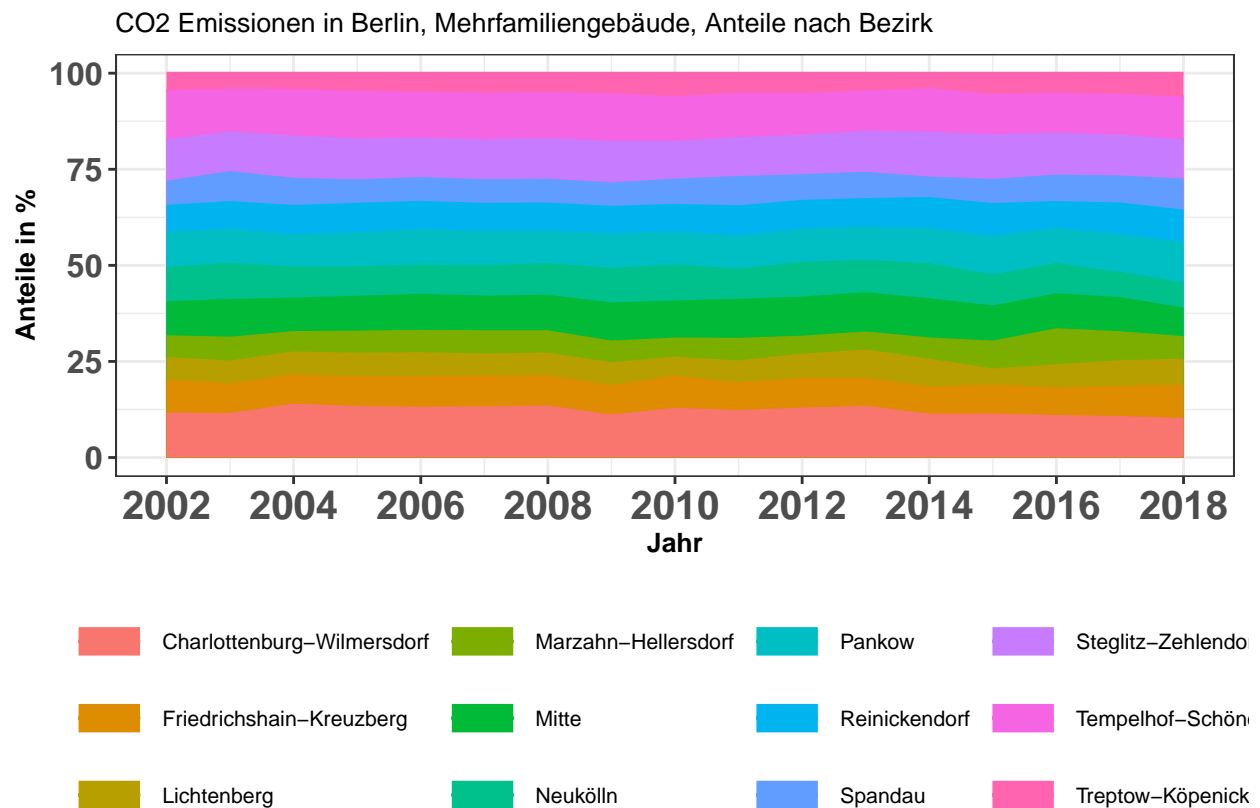
## 6	187.5135		197.4030	293.0286	256.7947	289.4172
## 7	188.5437		188.2577	297.5764	267.2961	271.8597
## 8	193.4413		185.3657	325.3449	293.8530	297.1925
## 9	176.7431		179.2739	346.5025	335.4331	310.6348
## 10	186.2777		192.8415	333.2555	257.1378	280.7929
## 11	208.8802		155.6528	339.5435	301.2706	286.4102
## 12	237.5872		150.1481	327.6683	270.8242	278.1617
## 13	198.8600		150.3532	277.6579	248.7458	247.7072
## 14	105.3295		182.1429	229.8670	203.6787	256.2420
## 15	172.5166		270.9775	262.8924	228.0288	264.6023
## 16	178.9619		203.6450	238.9326	176.8744	264.7486
## 17	195.6437		169.9895	215.0268	189.5899	305.2096
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg		
## 1	237.6168	214.7627		366.4703		438.4259
## 2	266.4768	288.9667		381.3114		412.2325
## 3	263.6580	245.5112		382.8616		421.1726
## 4	262.7532	212.7252		368.5249		427.6592
## 5	260.9500	220.2762		364.9041		424.8567
## 6	237.3749	201.0138		336.0696		394.6403
## 7	236.4264	201.4594		341.7312		386.5658
## 8	231.6706	199.7286		353.8380		405.7434
## 9	257.4369	236.4398		352.7395		419.7519
## 10	259.4820	250.2316		331.0659		379.2563
## 11	250.7585	223.6976		341.8102		362.8596
## 12	238.8646	220.1399		342.7692		337.6356
## 13	221.3182	144.7948		319.2455		308.4756
## 14	211.0874	158.5048		292.5753		263.8983
## 15	200.9154	199.2340		315.7682		299.1469
## 16	220.5056	189.8054		284.5172		286.1142
## 17	243.4327	234.5722		297.0251		322.4263
##	treptow_koepenick	total				
## 1	149.9418	3414.163				
## 2	147.1074	3695.001				
## 3	142.1288	3474.289				
## 4	159.1405	3461.551				
## 5	171.4268	3555.860				
## 6	164.4947	3249.182				
## 7	158.8997	3232.593				
## 8	171.2832	3275.107				
## 9	213.4970	3594.558				
## 10	166.8512	3279.467				
## 11	171.2525	3334.726				
## 12	144.5580	3215.508				
## 13	104.9723	2724.474				
## 14	136.4625	2518.211				
## 15	147.0979	2890.042				
## 16	145.1398	2691.654				
## 17	175.6874	2898.724				

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```



```
## 15 43.76399 18.694786 0.000000000 31.62682 0.042019316 5.87238225
## 16 50.08915 17.784160 0.000000000 27.81371 0.101692411 4.21128632
## 17 50.55054 12.809902 0.000000000 35.58352 0.361246806 0.69479241
##      abrechnungsjahr
## 1          2002
## 2          2003
## 3          2004
## 4          2005
## 5          2006
## 6          2007
## 7          2008
## 8          2009
## 9          2010
## 10         2011
## 11         2012
## 12         2013
## 13         2014
## 14         2015
## 15         2016
## 16         2017
## 17         2018
```

```
berlin_co2_mfh_prop <- find_proportions(berlin_co2_mfh,drop_cols=c("abrechnungsjahr","total"))
berlin_co2_mfh_prop_cumsums <- getCumSums(berlin_co2_mfh_prop,dropCols="abrechnungsjahr")
plot_byBezirke(berlin_co2_mfh_prop_cumsums,xlabel = "Jahr" , ylabel = "Anteile in %" , plottitle = "CO2
```



## berlin\_co2\_mfh\_prop

```

##      charlottenburg_wilmersdorf friedrichshain_kreuzberg lichtenberg
## 1          11.69926          8.628478      5.794356
## 2          11.60372          7.720158      5.924834
## 3          14.02802          7.641639      5.929931
## 4          13.41195          7.723989      6.142777
## 5          13.24385          8.022182      6.160099
## 6          13.32074          7.959437      5.771100
## 7          13.54395          7.924163      5.832584
## 8          11.20809          7.650716      5.906410
## 9          12.97578          8.337142      4.916963
## 10         12.38136          7.203355      5.680122
## 11         12.99148          7.777556      6.263789
## 12         13.45643          7.291490      7.388793
## 13         11.45396          6.984224      7.299025
## 14         11.45853          7.539993      4.182711
## 15         11.06975          7.229718      5.969344
## 16         10.81862          7.846825      6.648772
## 17         10.33164          8.646407      6.749303
##      marzahn_hellersdorf      mitte neukoelln      pankow reinickendorf
## 1          5.710301      8.781762      8.956129      9.212660      6.959737
## 2          6.190327      9.836336      9.407969      8.826957      7.211820
## 3          5.300216      8.724658      8.081694      8.405205      7.588833
## 4          5.756749      9.049850      7.679132      8.901398      7.590620
## 5          5.786815      9.359866      7.626739      9.236039      7.338590
## 6          6.075468      9.018533      7.903364      8.907385      7.305682
## 7          5.823736      9.205501      8.268785      8.409959      7.313831
## 8          5.659835      9.933870      8.972318      9.074283      7.073681
## 9          4.987370      9.639641      9.331693      8.641809      7.161851
## 10         5.880271      10.161881      7.840842      8.562150      7.912323
## 11         4.667634      10.182049      9.034344      8.588716      7.519614
## 12         4.669498      10.190250      8.422439      8.650630      7.428520
## 13         5.518615      10.191249      9.130047      9.091926      8.123335
## 14         7.233027      9.128185      8.088227      10.175555      8.382434
## 15         9.376248      9.096491      7.890154      9.155655      6.951989
## 16         7.565794      8.876794      6.571216      9.835910      8.192198
## 17         5.864286      7.417979      6.540460      10.529099      8.397926
##      spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg treptow_koepenick
## 1      6.290346          10.733825          12.84139          4.391757
## 2      7.820477          10.319658          11.15649          3.981255
## 3      7.066515          11.019855          12.12256          4.090875
## 4      6.145371          10.646235          12.35455          4.597375
## 5      6.194738          10.262048          11.94807          4.820966
## 6      6.186597          10.343207          12.14584          5.062649
## 7      6.232132          10.571427          11.95838          4.915549
## 8      6.098385          10.803859          12.38870          5.229852
## 9      6.577717          9.813154          11.67743          5.939450
## 10     7.630254          10.095113          11.56457          5.087753
## 11     6.708126          10.250022          10.88124          5.135430
## 12     6.846194          10.659877          10.50023          4.495651
## 13     5.314596          11.717693          11.32239          3.852936
## 14     6.294341          11.618378          10.47959          5.419025

```



```
## 15 6.893810          10.926074          10.35095          5.089818
## 16 7.051629          10.570349          10.62968          5.392215
## 17 8.092258          10.246753          11.12304          6.060853
##      abrechnungsjahr
## 1      2002
## 2      2003
## 3      2004
## 4      2005
## 5      2006
## 6      2007
## 7      2008
## 8      2009
## 9      2010
## 10     2011
## 11     2012
## 12     2013
## 13     2014
## 14     2015
## 15     2016
## 16     2017
## 17     2018
```

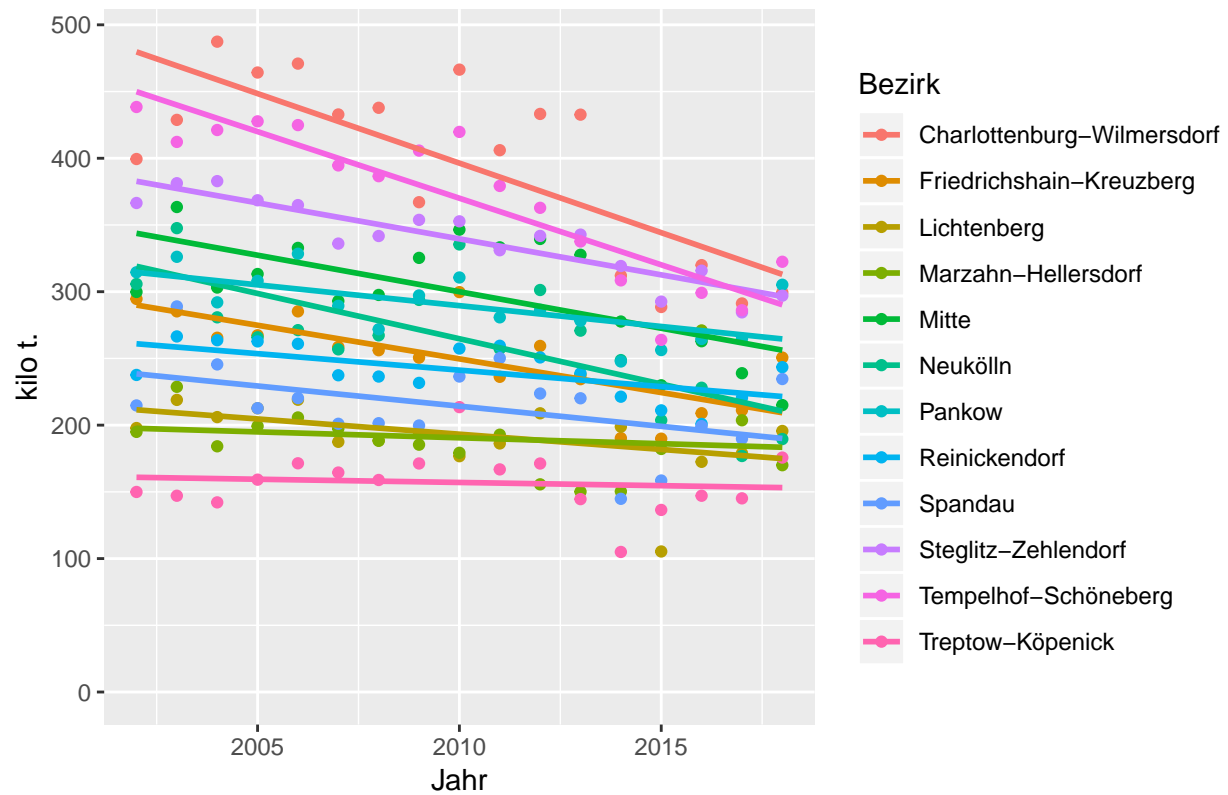
```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.1.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in 1.000 t

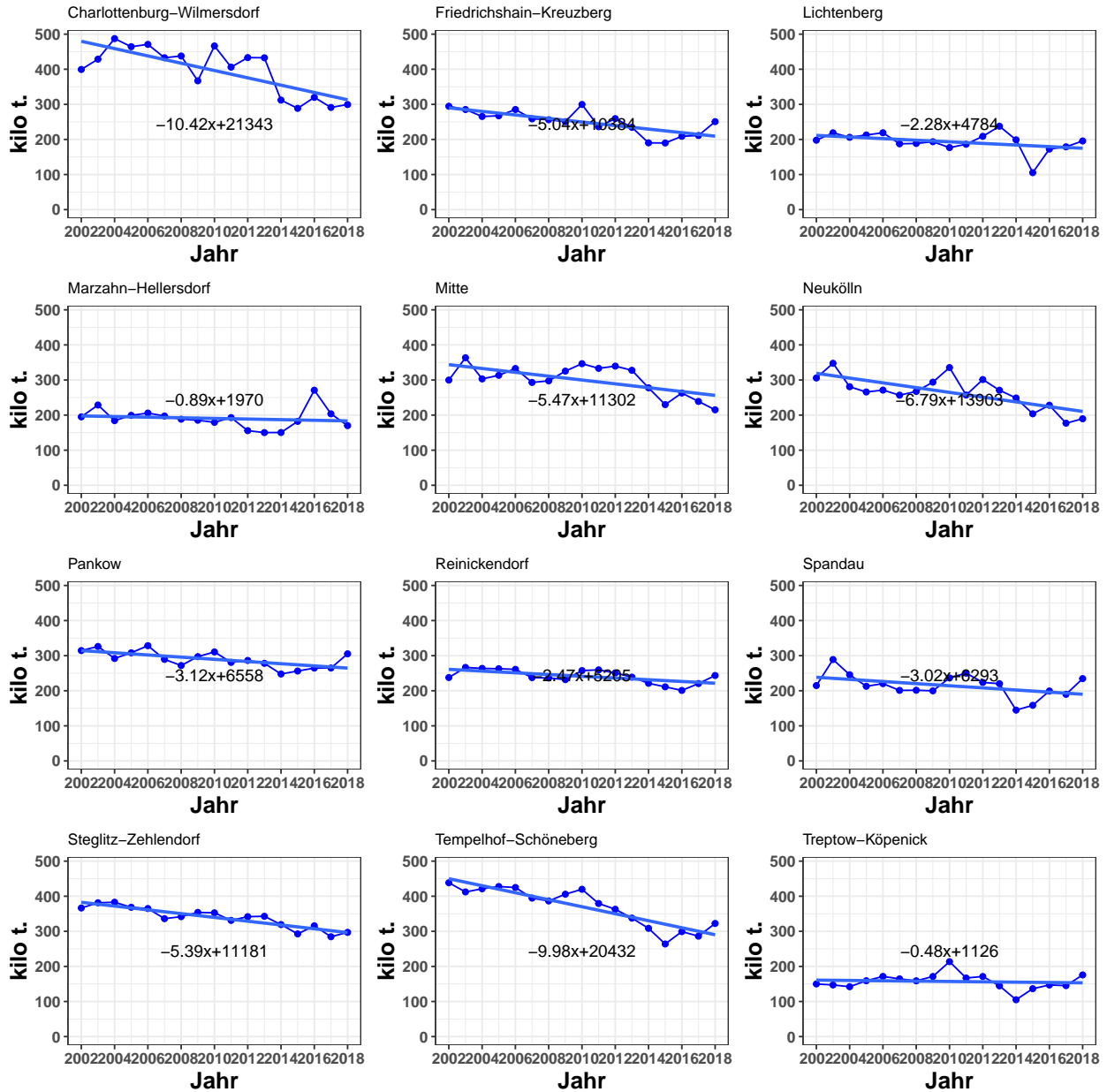
(Eine Grafik: co2 Emissionen je Bezirk und Jahr) Co2 emissions of all city districts by year in a single graph. (year on x-axis and co2 emission on y-axis). One Graph: Co2 emissions of all city districts by year

```
plot_reqdColumns(berlin_co2_mfh,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(berlin_co2_mfh)[!(names(berlin_co2_mfh) %in% c("abrechnungsjahr",
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "CO2 Emissions",
  xlabel = "Jahr",
  ylabel = "kilo t.",
  plot_title = "CO2 Emissionen von Stadtbezirken, Mehrfamiliengebäude")
```

## CO2 Emissionen von Stadtbezirken, Mehrfamiliengebäude



```
gg_co2_mfh <- plot_bezirkeGridPlot(berlin_co2_mfh, ylabel="kilo t.")
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(gg_co2_mfh[[1]], gg_co2_mfh[[2]], gg_co2_mfh[[3]], gg_co2_mfh[[4]],
             gg_co2_mfh[[5]], gg_co2_mfh[[6]], gg_co2_mfh[[7]], gg_co2_mfh[[8]],
             gg_co2_mfh[[9]], gg_co2_mfh[[10]], gg_co2_mfh[[11]], gg_co2_mfh[[12]], ncol=3)
```



berlin\_co2\_mfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	399.4319	294.5903
## 2	2003	428.7574	285.2599
## 3	2004	487.3740	265.4926
## 4	2005	464.2615	267.3698
## 5	2006	470.9326	285.2576
## 6	2007	432.8151	258.6166
## 7	2008	437.8208	256.1559
## 8	2009	367.0769	250.5691
## 9	2010	466.4220	299.6834
## 10	2011	406.0426	236.2316
## 11	2012	433.2303	259.3602

## 12	2013		432.6927		234.4584
## 13	2014		312.0602		190.2834
## 14	2015		288.5501		189.8730
## 15	2016		319.9204		208.9419
## 16	2017		291.1997		211.2094
## 17	2018		299.4857		250.6355
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	197.8288	194.9590	299.8237	305.7769	314.5353
## 2	218.9227	228.7326	363.4527	347.6245	326.1561
## 3	206.0229	184.1448	303.1198	280.7814	292.0211
## 4	212.6354	199.2728	313.2652	265.8171	308.1265
## 5	219.0445	205.7710	332.8238	271.1962	328.4206
## 6	187.5135	197.4030	293.0286	256.7947	289.4172
## 7	188.5437	188.2577	297.5764	267.2961	271.8597
## 8	193.4413	185.3657	325.3449	293.8530	297.1925
## 9	176.7431	179.2739	346.5025	335.4331	310.6348
## 10	186.2777	192.8415	333.2555	257.1378	280.7929
## 11	208.8802	155.6528	339.5435	301.2706	286.4102
## 12	237.5872	150.1481	327.6683	270.8242	278.1617
## 13	198.8600	150.3532	277.6579	248.7458	247.7072
## 14	105.3295	182.1429	229.8670	203.6787	256.2420
## 15	172.5166	270.9775	262.8924	228.0288	264.6023
## 16	178.9619	203.6450	238.9326	176.8744	264.7486
## 17	195.6437	169.9895	215.0268	189.5899	305.2096
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	237.6168	214.7627	366.4703		438.4259
## 2	266.4768	288.9667	381.3114		412.2325
## 3	263.6580	245.5112	382.8616		421.1726
## 4	262.7532	212.7252	368.5249		427.6592
## 5	260.9500	220.2762	364.9041		424.8567
## 6	237.3749	201.0138	336.0696		394.6403
## 7	236.4264	201.4594	341.7312		386.5658
## 8	231.6706	199.7286	353.8380		405.7434
## 9	257.4369	236.4398	352.7395		419.7519
## 10	259.4820	250.2316	331.0659		379.2563
## 11	250.7585	223.6976	341.8102		362.8596
## 12	238.8646	220.1399	342.7692		337.6356
## 13	221.3182	144.7948	319.2455		308.4756
## 14	211.0874	158.5048	292.5753		263.8983
## 15	200.9154	199.2340	315.7682		299.1469
## 16	220.5056	189.8054	284.5172		286.1142
## 17	243.4327	234.5722	297.0251		322.4263
##	treptow_koepenick	total			
## 1	149.9418	3414.163			
## 2	147.1074	3695.001			
## 3	142.1288	3474.289			
## 4	159.1405	3461.551			
## 5	171.4268	3555.860			
## 6	164.4947	3249.182			
## 7	158.8997	3232.593			
## 8	171.2832	3275.107			
## 9	213.4970	3594.558			
## 10	166.8512	3279.467			
## 11	171.2525	3334.726			

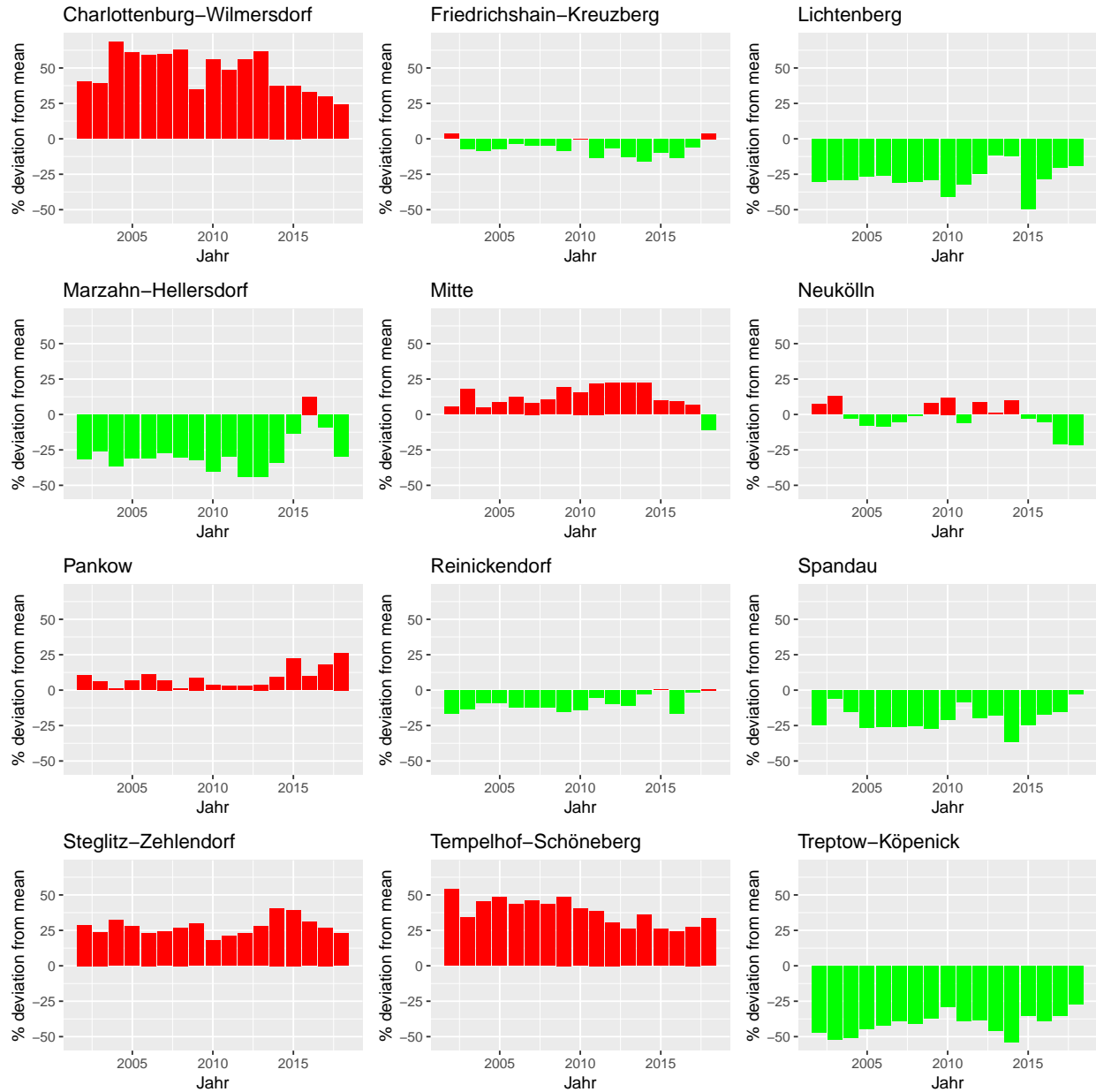
```
## 12      144.5580 3215.508
## 13      104.9723 2724.474
## 14      136.4625 2518.211
## 15      147.0979 2890.042
## 16      145.1398 2691.654
## 17      175.6874 2898.724
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.1.5. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018, Veränderung in Prozent

```
berlin_co2_mfh_devFromMean <- getDeviationsFromMean(berlin_co2_mfh,
                                                    xVar = "abrechnungsjahr",
                                                    colsToAvgOver = names(berlin_co2_mfh)[
                                                        !(names(berlin_co2_mfh
                                                            ) %in% c("abrechnungsjahr", "total"))]
                                                    )
ymin <- min(berlin_co2_mfh_devFromMean[,
                                         names(berlin_co2_mfh_devFromMean)[
                                             !(names(berlin_co2_mfh_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
                                                                 "meanVal"))
                                         ]])
ymax <- max(berlin_co2_mfh_devFromMean[,
                                         names(berlin_co2_mfh_devFromMean)[
                                             !(names(berlin_co2_mfh_devFromMean) %in% c("abrechnungsjahr",
                                                                 "meanVal"))
                                         ]])

#plotDevFromMean(berlin_co2_all_devFromMean, "abrechnungsjahr", "mitte", yMin=yMin, yMax=yMax)
g_co2dev_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2dev_bezirk[[ii]] <- plotDevFromMean(input_data = berlin_co2_mfh_devFromMean,
                                           xVar = "abrechnungsjahr",
                                           yVar = bezirk_list[ii],
                                           ymin=ymin,
                                           ymax=ymax,
                                           ylabel="% deviation from mean",
                                           plot_title = bezirk_name[ii])
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2dev_bezirk[[1]], g_co2dev_bezirk[[2]], g_co2dev_bezirk[[3]], g_co2dev_bezirk[[4]],
             g_co2dev_bezirk[[5]], g_co2dev_bezirk[[6]], g_co2dev_bezirk[[7]], g_co2dev_bezirk[[8]],
             g_co2dev_bezirk[[9]], g_co2dev_bezirk[[10]], g_co2dev_bezirk[[11]], g_co2dev_bezirk[[12]], ncol=4)
```



```
berlin_co2_mfh_devFromMean
```

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	40.39114	3.54173106
## 2	2003	39.24459	-7.35810113
## 3	2004	68.33626	-8.30032971
## 4	2005	60.94338	-7.31212669
## 5	2006	58.92616	-3.73381227
## 6	2007	59.84889	-4.48675528
## 7	2008	62.52742	-4.91004678
## 8	2009	34.49705	-8.19141145
## 9	2010	55.70939	0.04570303
## 10	2011	48.57634	-13.55974325
## 11	2012	55.89776	-6.66932684

## 12	2013	61.47720	-12.50212035
## 13	2014	37.44755	-16.18930925
## 14	2015	37.50240	-9.52008839
## 15	2016	32.83697	-13.24337877
## 16	2017	29.82339	-5.83810031
## 17	2018	23.97965	3.75688158
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln pankow
## 1	-30.46772	-31.476386	5.381143 7.4735500 10.5519223
## 2	-28.90199	-25.716071	18.036035 12.8956320 5.9234828
## 3	-28.84083	-36.397405	4.695897 -3.0196767 0.8624585
## 4	-26.28668	-30.919009	8.598205 -7.8504111 6.8167778
## 5	-26.07881	-30.558219	12.318395 -8.4791336 10.8324635
## 6	-30.74680	-27.094386	8.222402 -5.1596273 6.8886205
## 7	-30.00899	-30.115164	10.466016 -0.7745849 0.9195093
## 8	-29.12308	-32.081985	19.206440 7.6678124 8.8913997
## 9	-40.99644	-40.151557	15.675694 11.9803113 3.7017138
## 10	-31.83854	-29.436749	21.942573 -5.9098933 2.7458023
## 11	-24.83453	-43.988397	22.184587 8.4121292 3.0645916
## 12	-11.33449	-43.966030	22.282998 1.0692644 3.8075621
## 13	-12.41170	-33.776623	22.294991 9.5605604 9.1031141
## 14	-49.80747	-13.203677	9.538215 -2.9412721 22.1066637
## 15	-28.36787	12.514971	9.157887 -5.3181477 9.8678568
## 16	-20.21474	-9.210476	6.521532 -21.1454056 18.0309218
## 17	-19.00836	-29.628569	-10.984251 -21.5144833 26.3491903
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	-16.4831535	-24.515849	28.80590 54.09663
## 2	-13.4581628	-6.154279	23.83589 33.87791
## 3	-8.9340083	-15.201814	32.23826 45.47068
## 4	-8.9125608	-26.255551	27.75483 48.25464
## 5	-11.9369209	-25.663144	23.14457 43.37686
## 6	-12.3318203	-25.760837	24.11849 45.75004
## 7	-12.2340243	-25.214418	26.85712 43.50057
## 8	-15.1158260	-26.819383	29.64631 48.66445
## 9	-14.0577917	-21.067402	17.75785 40.12913
## 10	-5.0521258	-8.436946	21.14136 38.77489
## 11	-9.7646375	-19.502494	23.00026 30.57489
## 12	-10.8577605	-17.845674	27.91852 26.00272
## 13	-2.5199797	-36.224853	40.61232 35.86869
## 14	0.5892119	-24.467906	39.42053 25.75509
## 15	-16.5761266	-17.274284	31.11289 24.21141
## 16	-1.6936215	-15.380453	26.84419 27.55619
## 17	0.7751135	-2.892909	22.96103 33.47648
##	treptow_koepenick	meanVal	
## 1	-47.29891	284.5136	
## 2	-52.22494	307.9167	
## 3	-50.90950	289.5241	
## 4	-44.83150	288.4626	
## 5	-42.14840	296.3217	
## 6	-39.24821	270.7652	
## 7	-41.01341	269.3827	
## 8	-37.24178	272.9256	
## 9	-28.72660	299.5465	
## 10	-38.94696	273.2889	
## 11	-38.37483	277.8939	

```
## 12      -46.05219 267.9590
## 13      -53.76476 227.0395
## 14      -34.97170 209.8510
## 15      -38.92218 240.8369
## 16      -35.29342 224.3045
## 17      -27.26977 241.5604
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.1.6. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, Veränderung der CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in Prozent

Skip this

```
i_subsection <- i_subsection + 1
i_subsubsection <- 1
```

## 3.2. Flächenbezug

### 3.2.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum 2002 - 2018 in kg/m2[AN]

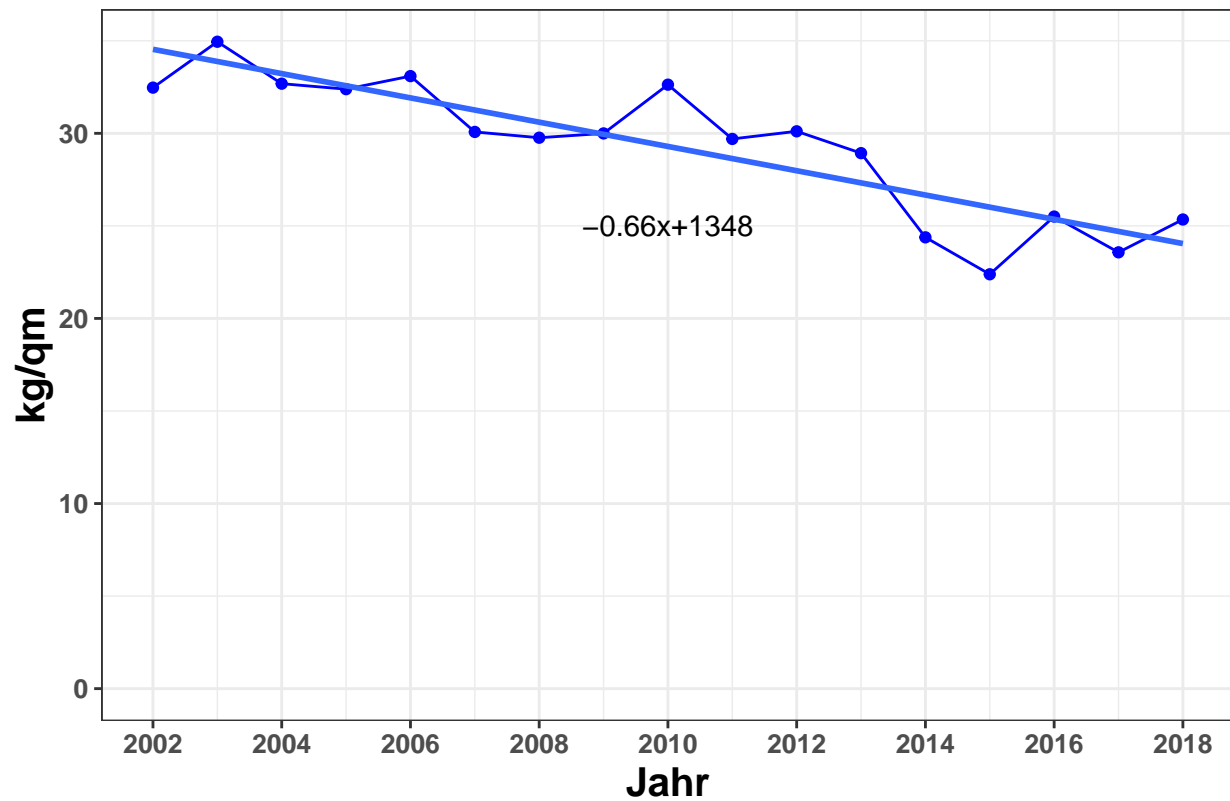
```
bezirk_areas_mfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#bezirk_areas_mfh
```

```
spz_co2_mfh <- 1e6*berlin_co2_mfh$total/bezirk_areas_mfh$total
spez_co2_mfh <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018 , spez_co2 = spz_co2_mfh )
```

```
points_line_lm(input_data = spez_co2_mfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "spez_co2",
               ymin=0,
               ymax=max(spez_co2_mfh$spez_co2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 25,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, Mehrfamiliengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kg/qm")
```



Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, Mehrfamiliengebäude



spez\_co2\_mfh

```
##   abrechnungsjahr spez_co2
## 1      2002 32.46837
## 2      2003 34.94756
## 3      2004 32.68190
## 4      2005 32.38649
## 5      2006 33.09042
## 6      2007 30.07520
## 7      2008 29.76287
## 8      2009 29.99513
## 9      2010 32.62800
## 10     2011 29.69706
## 11     2012 30.10942
## 12     2013 28.92906
## 13     2014 24.38071
## 14     2015 22.38607
## 15     2016 25.50319
## 16     2017 23.57163
## 17     2018 25.34402
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

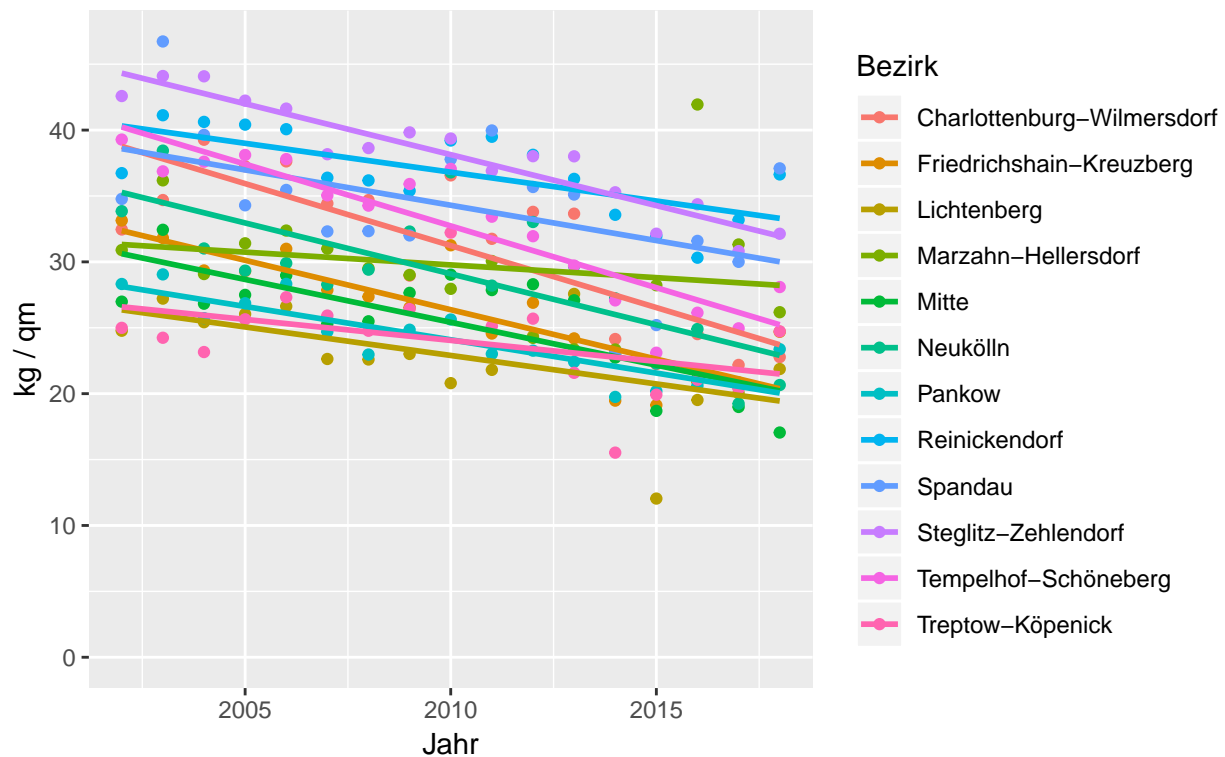
### 3.2.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emission aus Beheizung von Wohnraum 2002 - 2008 in kg/m<sup>2</sup>[AN]

BOOKMARK - Section 3.2.2.

```
bezirke_spez_co2_mfh <- 1e6*berlin_co2_mfh/bezirk_areas_mfh
bezirke_spez_co2_mfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
```

```
plot_reqdColumns(bezirke_spez_co2_mfh,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(bezirke_spez_co2_mfh)[!(names(bezirke_spez_co2_mfh) %in% c("abrechnungsjahr", "total_co2_mfh"))],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "CO2 Emissions in kg/m2",
  xlabel = "Jahr",
  ylabel = "kg / qm",
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen von Stadtbezirken,\nMehrfamiliengebäude")
```

#### Spezifische CO<sub>2</sub> Emissionen von Stadtbezirken, Mehrfamiliengebäude

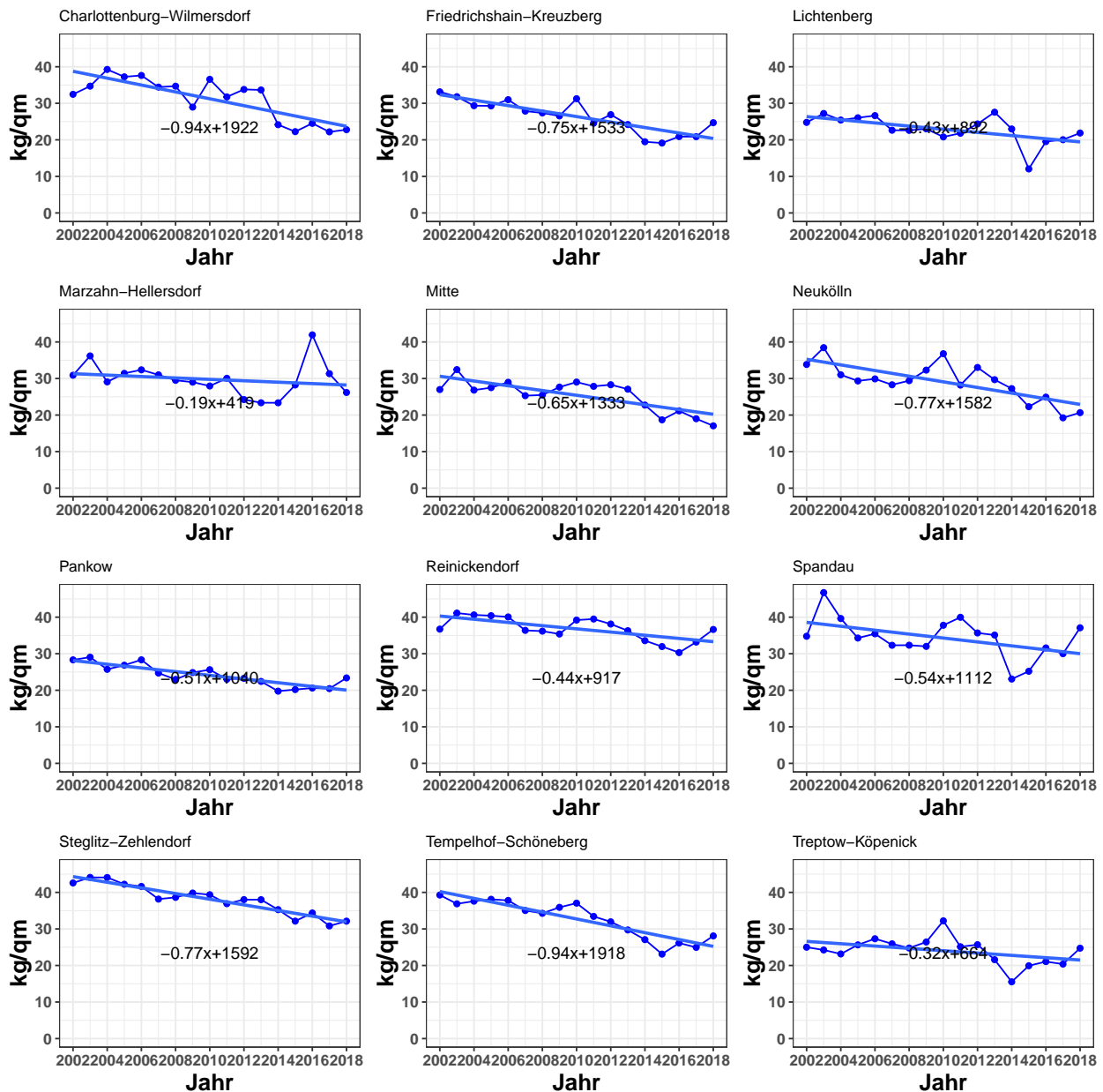


```
reqdCols <- names(bezirke_spez_co2_mfh)[!(names(bezirke_spez_co2_mfh) %in% c("abrechnungsjahr", "total_co2_mfh"))]
ymax <- max(bezirke_spez_co2_mfh[, reqdCols])
g_co2spez_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_co2spez_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = bezirke_spez_co2_mfh,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=0,
```

```

    ymax=ymax,
    x_eq = 2010,
    y_eq = 0.5*ymax,
    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "kg/qm")
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_co2speziBezirk[[1]],g_co2speziBezirk[[2]],g_co2speziBezirk[[3]],g_co2speziBezirk[[4]],
              g_co2speziBezirk[[5]],g_co2speziBezirk[[6]],g_co2speziBezirk[[7]],g_co2speziBezirk[[8]],
              g_co2speziBezirk[[9]],g_co2speziBezirk[[10]],g_co2speziBezirk[[11]],g_co2speziBezirk[[12]])

```



bezirke\_spez\_co2\_mfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	32.45739	33.14194		
## 2	2003	34.69192	31.81015		
## 3	2004	39.26746	29.34786		
## 4	2005	37.24728	29.30006		
## 5	2006	37.62357	30.99258		
## 6	2007	34.43346	27.85949		
## 7	2008	34.68640	27.36206		
## 8	2009	28.96090	26.54181		
## 9	2010	36.56290	31.25968		
## 10	2011	31.74961	24.56192		
## 11	2012	33.79463	26.89928		
## 12	2013	33.65661	24.19317		
## 13	2014	24.14486	19.47171		
## 14	2015	22.24167	19.13097		
## 15	2016	24.51892	20.89169		
## 16	2017	22.18191	20.85792		
## 17	2018	22.77668	24.69314		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	24.77535	30.89632	26.98204	33.84605	28.32174
## 2	27.21243	36.18314	32.43484	38.43980	29.04950
## 3	25.41925	29.07727	26.82648	31.01750	25.73006
## 4	26.04215	31.40941	27.49646	29.33523	26.86082
## 5	26.63125	32.37537	28.97500	29.89915	28.32913
## 6	22.63251	31.00306	25.30420	28.28332	24.70516
## 7	22.59310	29.51380	25.49077	29.41078	22.96761
## 8	23.01438	29.00847	27.64766	32.30085	24.85205
## 9	20.79991	27.95520	29.02955	36.78841	25.62888
## 10	21.80650	30.06338	27.85975	28.19772	23.01807
## 11	24.35438	24.23404	28.30166	33.02537	23.26363
## 12	27.56904	23.36353	27.08607	29.68001	22.41522
## 13	22.97313	23.35294	22.73741	27.23623	19.75273
## 14	12.04123	28.22433	18.69400	22.28700	20.19323
## 15	19.52163	41.94049	21.14932	24.90648	20.61183
## 16	20.04367	31.32036	18.99154	19.24263	20.45117
## 17	21.87023	26.18104	17.05153	20.65605	23.37915
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	36.73327	34.77732	42.58190	39.27927	
## 2	41.12471	46.72340	44.10226	36.86729	
## 3	40.62062	39.63768	44.07849	37.60038	
## 4	40.41264	34.29313	42.23425	38.11222	
## 5	40.06740	35.45751	41.62927	37.79590	
## 6	36.38603	32.30872	38.16634	35.04619	
## 7	36.17954	32.33223	38.63454	34.26898	
## 8	35.39212	32.00690	39.82395	35.90616	
## 9	39.20637	37.78684	39.36034	37.05470	
## 10	39.49257	39.96928	36.90360	33.42820	
## 11	38.12368	35.68144	38.01819	31.94749	
## 12	36.29831	35.11059	38.00860	29.71831	
## 13	33.57273	23.07119	35.28004	27.07684	
## 14	31.96260	25.20390	32.13771	23.10823	

```
## 15      30.31405 31.59085      34.36970      26.14349
## 16      33.18718 30.00355      30.81725      24.95632
## 17      36.63411 37.09532      32.13333      28.09088
##      treptow_koepenick      total
## 1      24.99346 32.46837
## 2      24.24195 34.94756
## 3      23.15798 32.68190
## 4      25.64128 32.38649
## 5      27.31693 33.09042
## 6      25.92698 30.07520
## 7      24.77544 29.76287
## 8      26.42177 29.99513
## 9      32.21915 32.62800
## 10     25.12857 29.69706
## 11     25.69084 30.10942
## 12     21.58130 28.92906
## 13     15.52545 24.38071
## 14     19.92357 22.38607
## 15     21.05610 25.50319
## 16     20.38394 23.57163
## 17     24.73010 25.34402
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.2.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO<sub>2</sub>-Emission aus der Beheizung von Wohnraum im Jahr 2018 in kg/m<sup>2</sup>[AN]

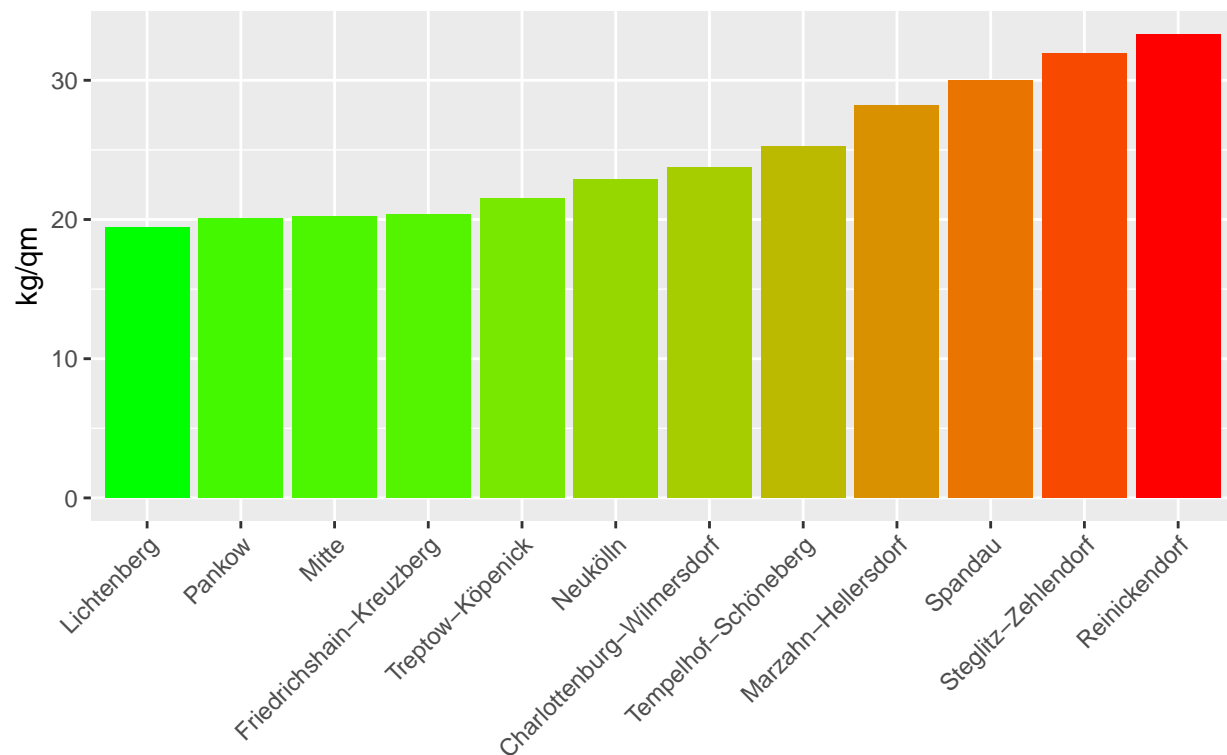
```
bezirke_spez_co2_mfh_linear <- linearizer(bezirke_spez_co2_mfh , dropCols = NULL , xVar = "abrechnungsja
```

```
#bezirke_spez_co2_mfh_linear
```

```
bezirke_spez_co2_mfh_linear_2018 <- bezirke_spez_co2_mfh_linear[bezirke_spez_co2_mfh_linear$abrechnungsja
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018 <- as.data.frame(t(bezirke_spez_co2_mfh_linear_2018))
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018$bezirk <- row.names(bezirke_spezco2_mfh_linear_2018)
names(bezirke_spezco2_mfh_linear_2018) <- c("wert", "bezirk")
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018 <- bezirke_spezco2_mfh_linear_2018[bezirke_spezco2_mfh_linear_2018$bezi
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018 <- bezirke_spezco2_mfh_linear_2018[bezirke_spezco2_mfh_linear_2018$bezi
#bezirke_spezco2_mfh_linear_2018
```

```
plot_spezCO2_2018(obj = bezirke_spezco2_mfh_linear_2018 ,
                  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen 2018, Mehrfamiliengebäude")
```

### Spezifische CO2 Emissionen 2018, Mehrfamiliengebäude



```
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018
```

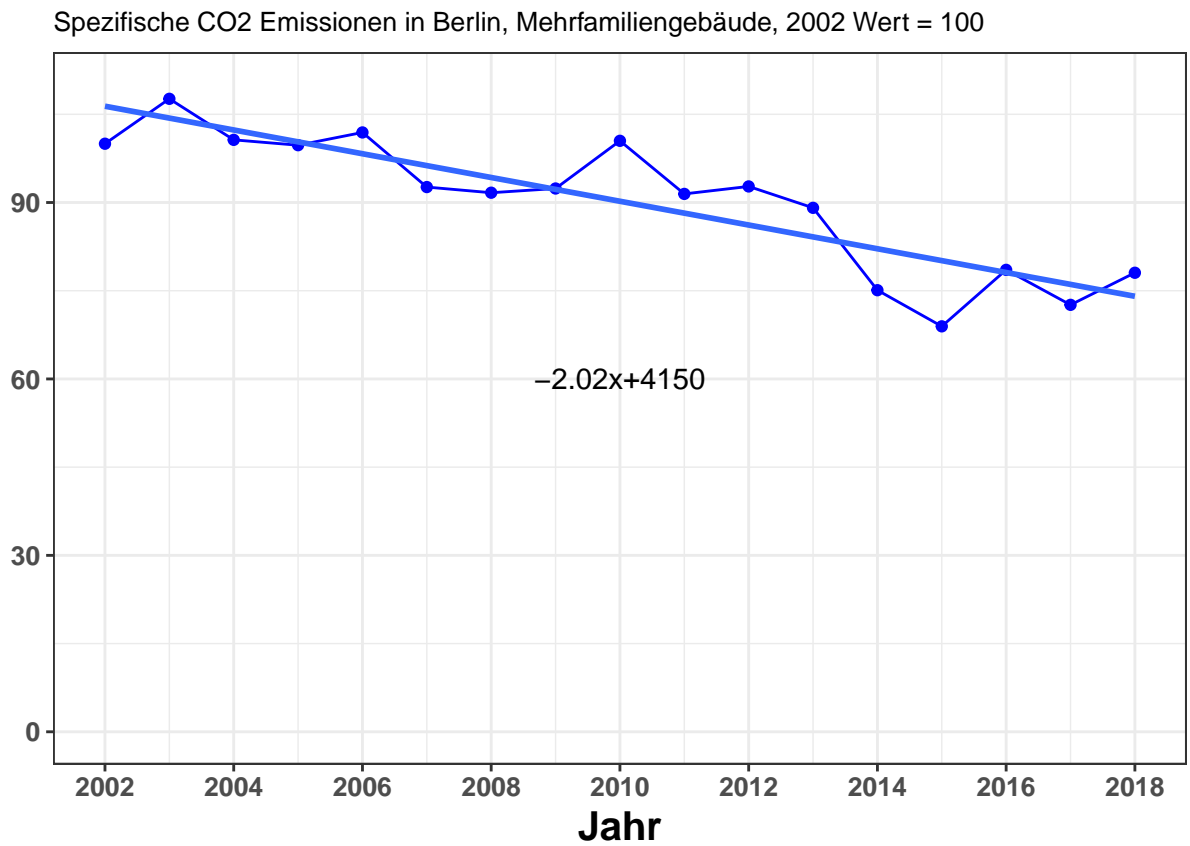
```
##
## charlottenburg_wilmersdorf 23.71006 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg 20.37490 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg 19.44274 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf 28.22129 marzahn_hellersdorf
## mitte 20.21140 mitte
## neukoelln 22.91205 neukoelln
## pankow 20.04699 pankow
## reinickendorf 33.30245 reinickendorf
## spandau 30.00880 spandau
## steglitz_zehlendorf 31.95092 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg 25.22699 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick 21.49346 treptow_koepenick
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

#### 3.2.4. Berlin, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus Beheizung von Wohnraum nach Stadtbezirken, 2002 - 2008, 2002 = 100

```
#get2002as100(spez_co2_mfh , "abrechnungsjahr")
```

```
points_line_lm(input_data = get2002as100(spez_co2_mfh , "abrechnungsjahr"),
  xVar = "abrechnungsjahr",
  yVar = "spez_co2",
  ymin=0,
  ymax=110,
  x_eq = 2010,
  y_eq = 60,
  size_eq = 4,
  plot_title = "Spezifische CO2 Emissionen in Berlin, Mehrfamiliengebäude, 2002 Wert = 100",
  xlab = "Jahr",
  ylab = " ")
```



```
get2002as100(spez_co2_mfh , "abrechnungsjahr")
```

```
##   abrechnungsjahr  spez_co2
## 1             2002 100.00000
## 2             2003 107.63571
## 3             2004 100.65766
## 4             2005  99.74783
## 5             2006 101.91587
## 6             2007  92.62924
## 7             2008  91.66728
## 8             2009  92.38264
## 9             2010 100.49165
## 10            2011  91.46458
```

```
## 11      2012  92.73462
## 12      2013  89.09921
## 13      2014  75.09067
## 14      2015  68.94733
## 15      2016  78.54783
## 16      2017  72.59875
## 17      2018  78.05759
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.2.5. Alle Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogene CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum, Entwicklung 2002 - 2018 und Niveau 2018 (Rangfolge)

Take the Berlin specific CO2 emission for 2018 as the baseline, Subtract from this the 2018 value of specific co2 emission of Stadtbezirk X. Do for all the bezirks and make a barplot.

```
spez_co2_mfh_linear <- linearizer(spez_co2_mfh,dropCols=NULL,xVar="abrechnungsjahr")
spez_co2_mfh_linear_2018 <- spez_co2_mfh_linear$spez_co2[spez_co2_mfh_linear$abrechnungsjahr==2018]
#spez_co2_mfh_linear_2018
```

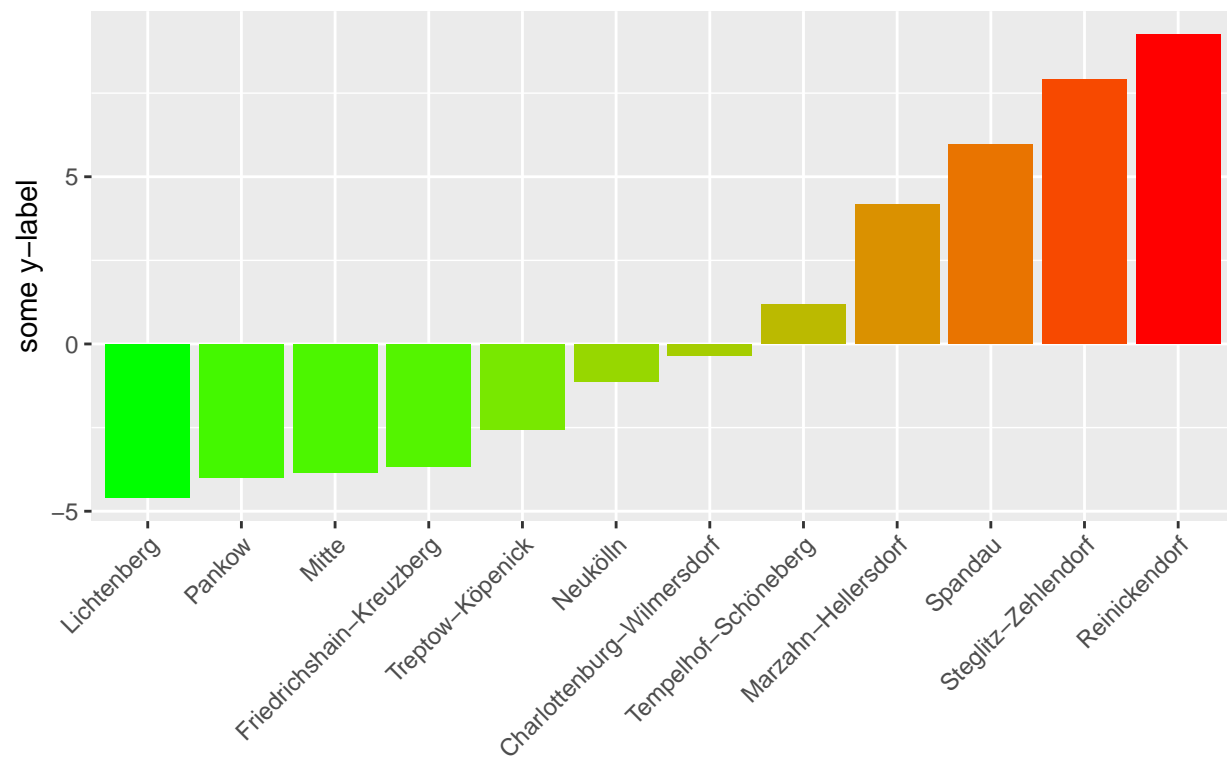
```
#bezirke_spezco2_mfh_linear_2018
```

```
bezirke_spezco2_mfh_linear_2018$dev_from_berlin <- bezirke_spezco2_mfh_linear_2018$wert - spez_co2_mfh_
```

```
plot_devFromBerlin2018(bezirke_spezco2_mfh_linear_2018,
                        "2018 deviation from Berlin, Mehrfamiliengebäude",
                        "some y-label")
```



## 2018 deviation from Berlin, Mehrfamiliengebäude



bezirke\_spezco2\_mfh\_linear\_2018

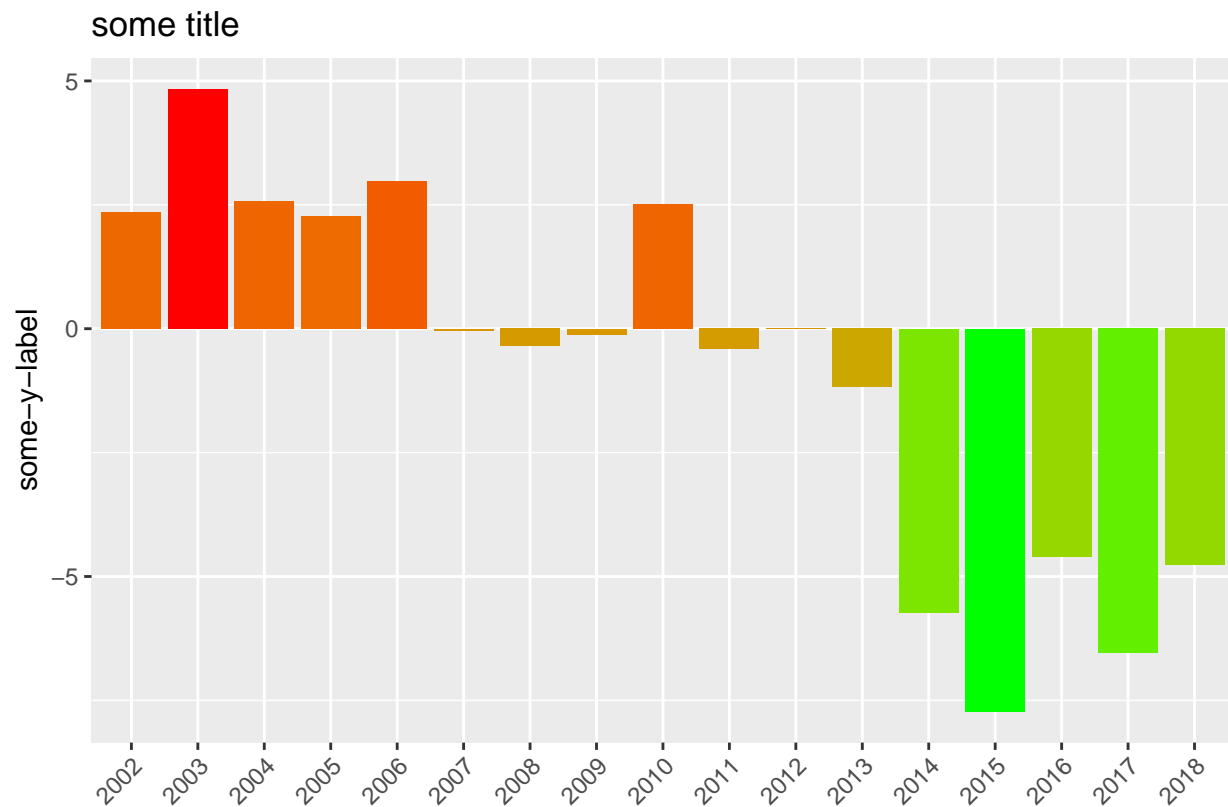
```
##                                wert                                bezirk
## charlottenburg_wilmersdorf 23.71006 charlottenburg_wilmersdorf
## friedrichshain_kreuzberg  20.37490 friedrichshain_kreuzberg
## lichtenberg                19.44274 lichtenberg
## marzahn_hellersdorf        28.22129 marzahn_hellersdorf
## mitte                     20.21140 mitte
## neukoelln                 22.91205 neukoelln
## pankow                    20.04699 pankow
## reinickendorf             33.30245 reinickendorf
## spandau                   30.00880 spandau
## steglitz_zehlendorf       31.95092 steglitz_zehlendorf
## tempelhof_schoeneberg     25.22699 tempelhof_schoeneberg
## treptow_koepenick        21.49346 treptow_koepenick
##                                dev_from_berlin
## charlottenburg_wilmersdorf -0.3348077
## friedrichshain_kreuzberg  -3.6699727
## lichtenberg                -4.6021340
## marzahn_hellersdorf        4.1764167
## mitte                     -3.8334709
## neukoelln                 -1.1328187
## pankow                    -3.9978869
## reinickendorf             9.2575814
## spandau                   5.9639235
## steglitz_zehlendorf       7.9060493
```

```
## tempelhof_schoeneberg      1.1821175
## treptow_koepenick        -2.5514156
```

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

### 3.2.6. Berlin, Mehrfamiliengebäude, durchschnittliche Emissionsminderung je qm Nutzfläche im Zeitraum 2012 - 2018

```
barPlot_delta2012(changeFrom2012(spez_co2_mfh),"some-y-label" , "some title")
```



```
changeFrom2012(spez_co2_mfh)
```

```
##   abrechnungsjahr spez_co2   delta2012
## 1      2002  32.46837  2.35894905
## 2      2003  34.94756  4.83814062
## 3      2004  32.68190  2.57248013
## 4      2005  32.38649  2.27707370
## 5      2006  33.09042  2.98099928
## 6      2007  30.07520 -0.03421669
## 7      2008  29.76287 -0.34654984
## 8      2009  29.99513 -0.11428249
## 9      2010  32.62800  2.51858007
## 10     2011  29.69706 -0.41236087
```

```
## 11          2012 30.10942  0.00000000
## 12          2013 28.92906 -1.18036026
## 13          2014 24.38071 -5.72870229
## 14          2015 22.38607 -7.72334458
## 15          2016 25.50319 -4.60622119
## 16          2017 23.57163 -6.53778802
## 17          2018 25.34402 -4.76539347
```

```
i_subsection <- i_subsection + 1
i_subsubsection <- 1
```

### 3.3. Emission pro Einwohner

#### 3.3.1. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

#### 3.3.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emission pro Einwohner aus der Beheizung von Wohnraum, 2002 - 2008, 2002 = 100

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

#### 3.3.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Niveau im Jahr 2018 in t/Einwohner

```
i_subsubsection <- i_subsubsection + 1
```

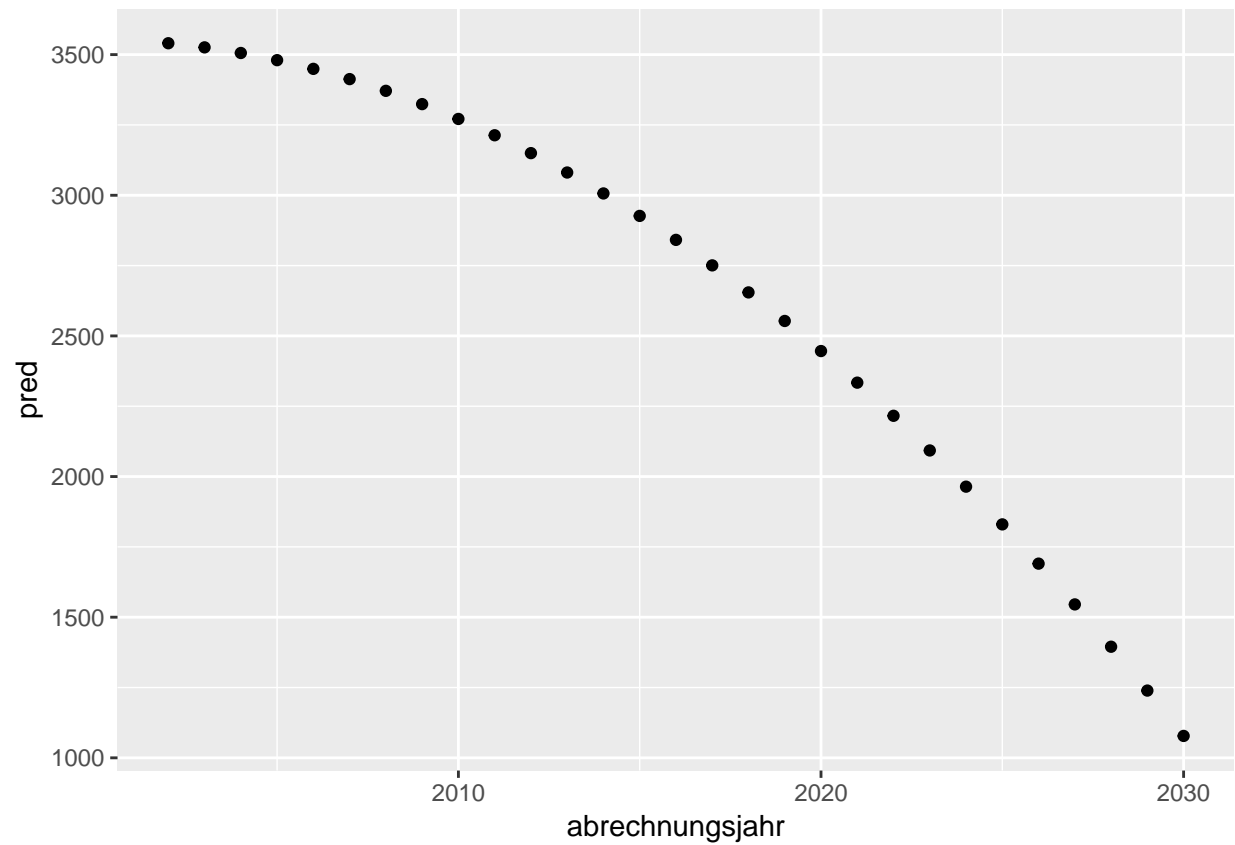
#### 3.3.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, CO2-Emissionen aus der Beheizung von Wohnraum pro Einwohner, Veränderung 2002 / 2018 in Prozent

```
i_subsection <- i_subsection + 1
i_subsubsection <- 1
```

### 3.4. Prognose

#### 3.4.1. Berlin, Mehrfamiliengebäude, Prognose der CO2-Emission aus Beheizung 2019 - 2030 in Mio. t (Trend Polynom 2. Grades)

```
quadmodel_mfh <- lm(total~abrechnungsjahr+I(abrechnungsjahr^2),data=berlin_co2_mfh)
from2002_till_2030 <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2030)
prognose_mfh <- data.frame(abrechnungsjahr = 2002:2030 , pred = as.numeric(predict(quadmodel_mfh,newdata=from2002_till_2030)))
ggplot(prognose_mfh , aes(x=abrechnungsjahr , y = pred))+geom_point()
```



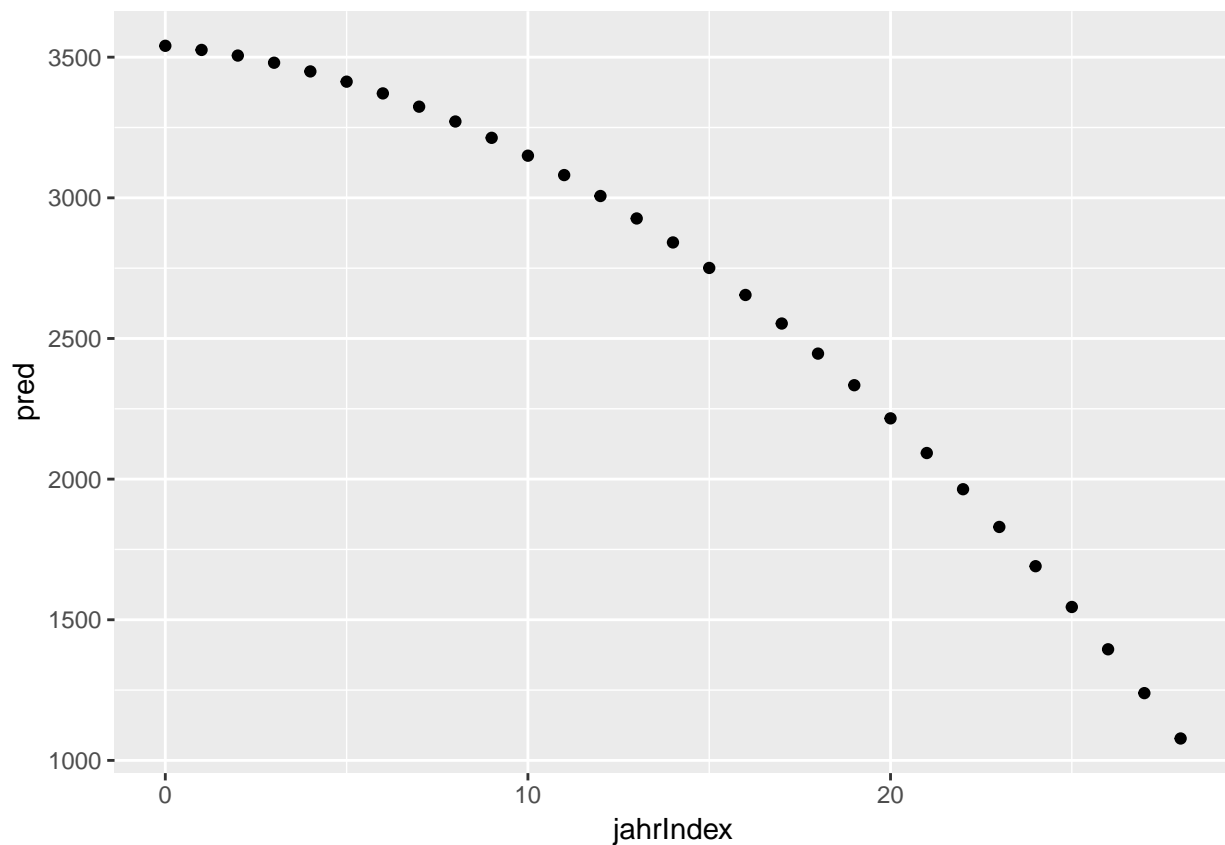
prognose\_mfh

##	abrechnungsjahr	pred
## 1	2002	3540.447
## 2	2003	3525.819
## 3	2004	3505.760
## 4	2005	3480.270
## 5	2006	3449.349
## 6	2007	3412.996
## 7	2008	3371.213
## 8	2009	3323.999
## 9	2010	3271.354
## 10	2011	3213.279
## 11	2012	3149.772
## 12	2013	3080.834
## 13	2014	3006.465
## 14	2015	2926.665
## 15	2016	2841.435
## 16	2017	2750.773
## 17	2018	2654.680
## 18	2019	2553.157
## 19	2020	2446.202
## 20	2021	2333.817
## 21	2022	2216.000
## 22	2023	2092.753
## 23	2024	1964.075

```
## 24      2025 1829.965
## 25      2026 1690.425
## 26      2027 1545.454
## 27      2028 1395.052
## 28      2029 1239.219
## 29      2030 1077.955
```

Johannes used to use the index of the years, with 0 for 2002, 1 for 2003, and so on. I should do the same:

```
berlin_co2_mfh_temp <- berlin_co2_mfh
berlin_co2_mfh_temp$jahrIndex <- berlin_co2_mfh_temp$abrechnungsjahr - 2002
quadmodel2_mfh <- lm(total~jahrIndex+I(jahrIndex^2),data=berlin_co2_mfh_temp)
from2002_till_2030_index <- data.frame(jahrIndex=(2002:2030) - 2002)
prognose2_mfh <- data.frame(jahrIndex = (2002:2030)-2002 , pred = as.numeric(predict(quadmodel2_mfh,newdata=from2002_till_2030_index)))
ggplot(prognose2_mfh , aes(x=jahrIndex , y = pred))+geom_point()
```



Apparently makes no difference...

```
i_subsection <- i_subsection + 1
```

### 3.5. Diskussion

```
i_section <- i_section + 1
i_subsection <- 1
```

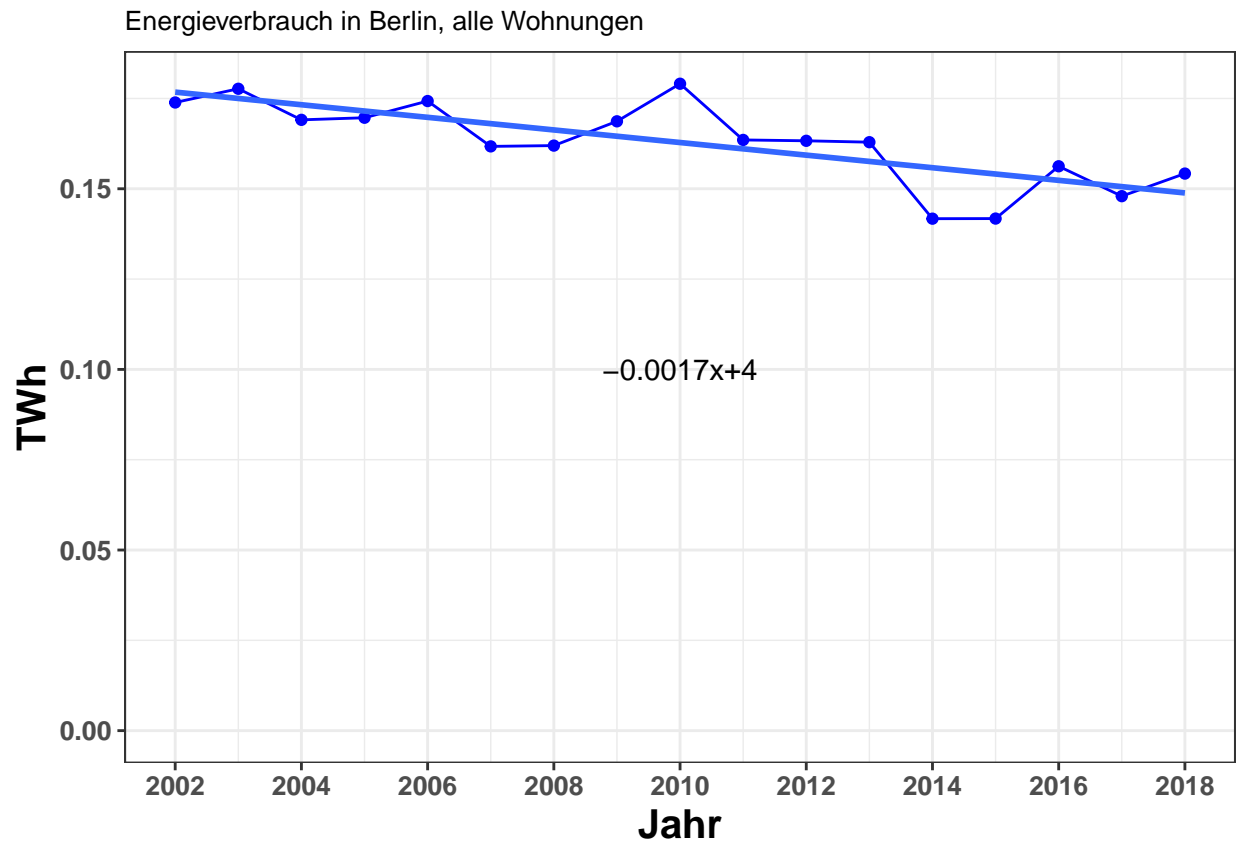
## 4. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, alle Wohngebäude

### 4.1. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018

- `getAllBezirkeTotalCO2.R` and `getAllBezirkeByETCO2.R` both invoke `mainScriptCO2Emissions_v2.R`.
- `mainScriptCO2Emissions_v2.R` creates the attribute `energy_shares_absolute`. This is the energy produced by the respective ETs.
- So modify the returned object in `getAllBezirkeTotalCO2.R` and `getAllBezirkeByETCO2.R` so that it includes the `energy_shares_absolute` as well.
- Total energy split by ET:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_ET_TWh <- by_ten_9 * co2_allebezirke_byET$aes_all
aes_by_ET_TWh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_ET_TWh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_ET_TWh , dropCols = c("abrechnungsjahr","total"))
```

```
points_line_lm(input_data = aes_by_ET_TWh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "total",
               ymin = 0,
               ymax = max(aes_by_ET_TWh$total),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 0.1,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Energieverbrauch in Berlin, alle Wohnungen",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "TWh",
               slope_round_to = 4)
```

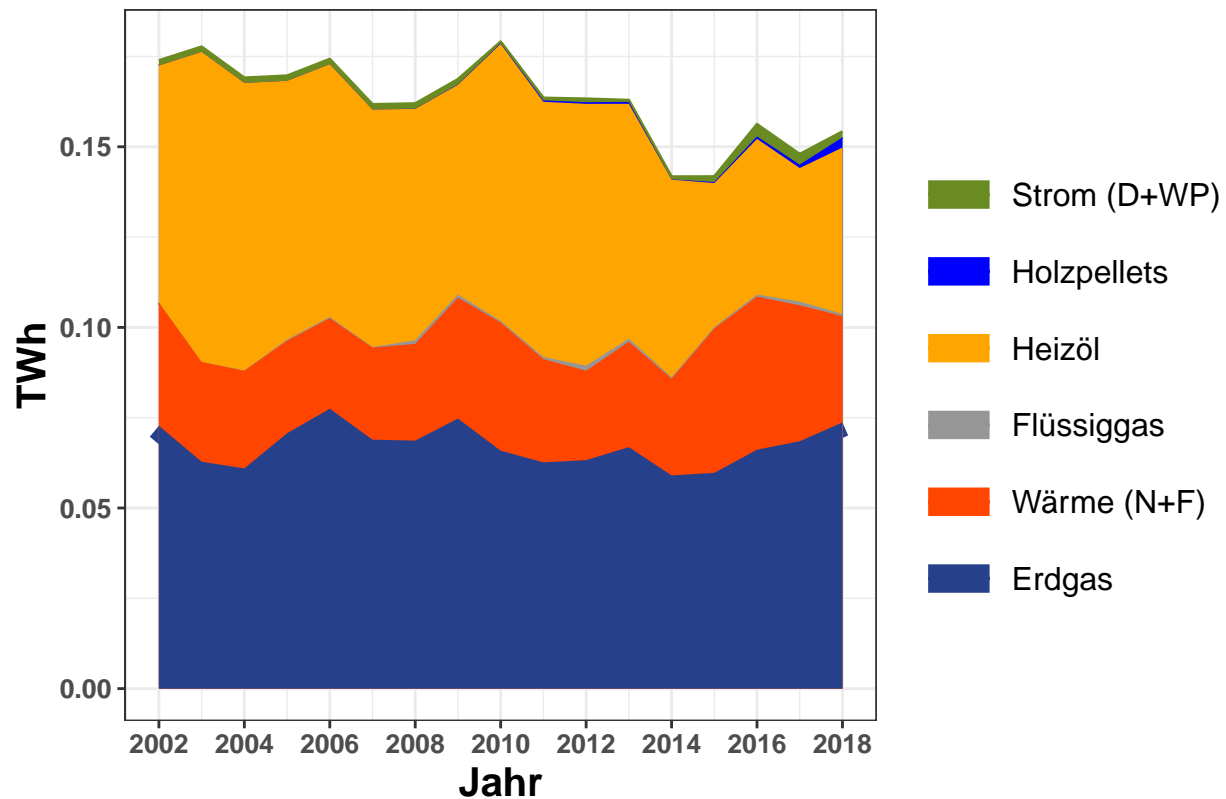


```
aes_by_ET_TWh[ , c("abrechnungsjahr" , "total")]
```

```
##   abrechnungsjahr   total
## 1          2002 0.1738874
## 2          2003 0.1776849
## 3          2004 0.1690847
## 4          2005 0.1696637
## 5          2006 0.1742836
## 6          2007 0.1617350
## 7          2008 0.1619519
## 8          2009 0.1686783
## 9          2010 0.1790742
## 10         2011 0.1635207
## 11         2012 0.1632793
## 12         2013 0.1628974
## 13         2014 0.1417215
## 14         2015 0.1417530
## 15         2016 0.1562276
## 16         2017 0.1479574
## 17         2018 0.1542095
```

```
plot_byET(aes_by_ET_TWh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle = "Energieverbrauch in B
```

Energieverbrauch in Berlin, alle Wohngebäude, nach Energieträgern



aes\_by\_ET\_TWh

##	erdgas	waerme	fluessiggas	heizoel	holzpellets	strom
## 1	0.07276275	0.03408182	0.000000e+00	0.06564065	0.000000e+00	0.0014021990
## 2	0.06282411	0.02760151	0.000000e+00	0.08585709	0.000000e+00	0.0014021990
## 3	0.06096521	0.02703600	8.237962e-05	0.07959893	0.000000e+00	0.0014021990
## 4	0.07068205	0.02562668	3.307079e-04	0.07160968	1.241918e-05	0.0014021990
## 5	0.07749104	0.02506546	3.668356e-04	0.06994393	1.409146e-05	0.0014021990
## 6	0.06891437	0.02549882	1.612907e-04	0.06574334	1.494333e-05	0.0014021990
## 7	0.06865953	0.02678282	9.930377e-04	0.06406811	4.621443e-05	0.0014021990
## 8	0.07475693	0.03352604	8.401592e-04	0.05803491	1.180188e-04	0.0014021990
## 9	0.06586649	0.03549504	4.301316e-04	0.07669328	1.850682e-04	0.0004042022
## 10	0.06264699	0.02857603	5.870217e-04	0.07064601	3.864035e-04	0.0006782036
## 11	0.06325932	0.02473900	1.414681e-03	0.07247019	4.658033e-04	0.0009303315
## 12	0.06685646	0.02917647	8.415863e-04	0.06501710	5.126081e-04	0.0004931385
## 13	0.05902402	0.02676419	4.456608e-04	0.05466535	8.222168e-05	0.0007400307
## 14	0.05972538	0.03998382	3.946685e-04	0.03985700	2.940997e-04	0.0014979973
## 15	0.06614639	0.04239079	5.458192e-04	0.04310562	6.658707e-04	0.0033730745
## 16	0.06848892	0.03762448	1.031657e-03	0.03697530	9.537100e-04	0.0028833002
## 17	0.07368782	0.02944343	6.097291e-04	0.04604101	2.807992e-03	0.0016195127
##	abrechnungsjahr	total				
## 1	2002	0.1738874				
## 2	2003	0.1776849				
## 3	2004	0.1690847				
## 4	2005	0.1696637				
## 5	2006	0.1742836				

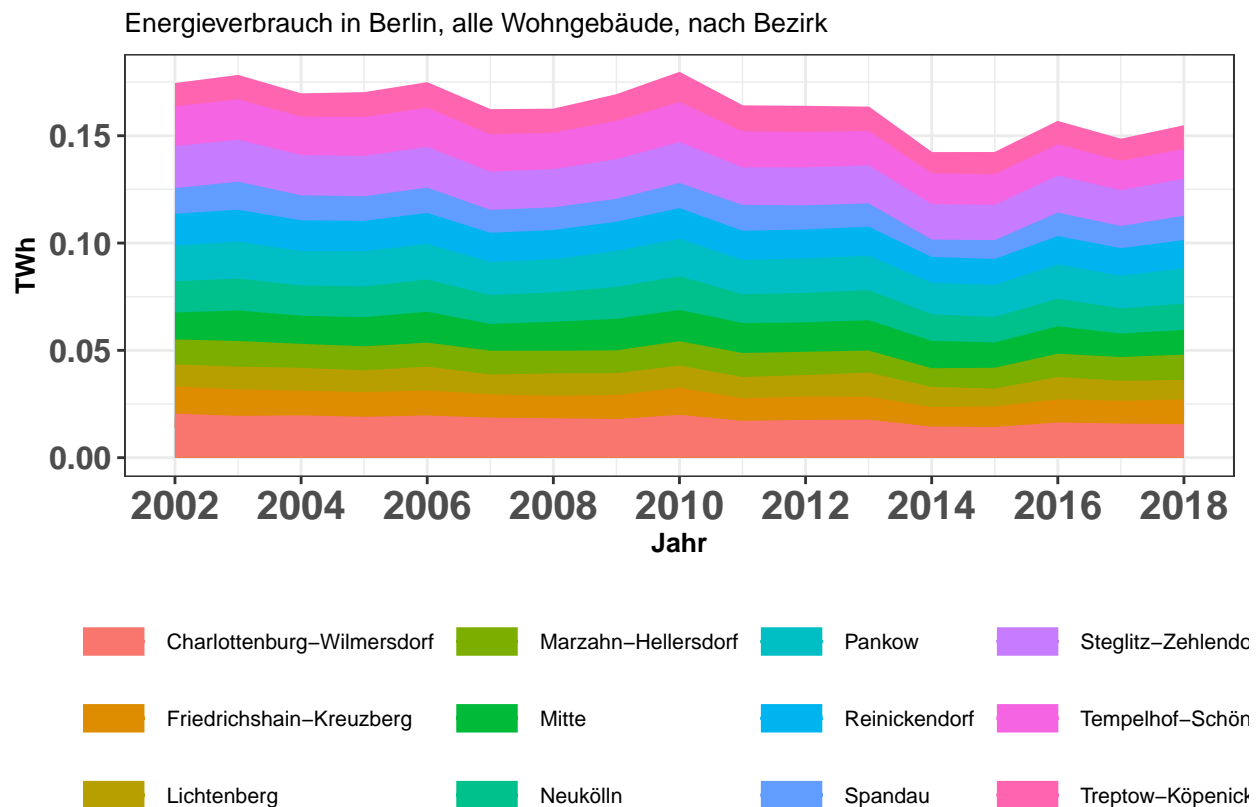


```
## 6          2007 0.1617350
## 7          2008 0.1619519
## 8          2009 0.1686783
## 9          2010 0.1790742
## 10         2011 0.1635207
## 11         2012 0.1632793
## 12         2013 0.1628974
## 13         2014 0.1417215
## 14         2015 0.1417530
## 15         2016 0.1562276
## 16         2017 0.1479574
## 17         2018 0.1542095
```

- Total energy split by bezirk:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_bezirk_TWh <- by_ten_9 * alle_bezirke_co2$aes_all
aes_by_bezirk_TWh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_bezirk_TWh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_bezirk_TWh , dropCols = "abrechnungsjahr")
```

```
plot_byBezirke(aes_by_bezirk_TWh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle="Energieverbrauch in Berlin, alle Wohngebäude, nach Bezirk")
```



```
aes_by_bezirk_TWh
```

```
## abrechnungsjahr charlottenburg_wilmersdorf friedrichshain_kreuzberg
```

## 1	2002	0.02056930	0.012601162
## 2	2003	0.01947896	0.012308522
## 3	2004	0.01971218	0.011515207
## 4	2005	0.01905369	0.011522096
## 5	2006	0.01967211	0.011646211
## 6	2007	0.01866483	0.010842707
## 7	2008	0.01837063	0.010414274
## 8	2009	0.01797911	0.011206353
## 9	2010	0.01997899	0.012606370
## 10	2011	0.01717365	0.010571487
## 11	2012	0.01760947	0.010801474
## 12	2013	0.01772155	0.010639259
## 13	2014	0.01448168	0.009124327
## 14	2015	0.01427768	0.009615560
## 15	2016	0.01641859	0.010787497
## 16	2017	0.01590434	0.010643913
## 17	2018	0.01559906	0.011531901
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	0.010346350 0.011602053 0.01253993 0.01458647 0.01666747		
## 2	0.010645083 0.011927357 0.01420296 0.01483361 0.01726239		
## 3	0.010636608 0.011176681 0.01307703 0.01414639 0.01602723		
## 4	0.010107949 0.011184999 0.01356770 0.01437222 0.01639901		
## 5	0.011097848 0.011186048 0.01439023 0.01499376 0.01668113		
## 6	0.009273411 0.011086949 0.01242849 0.01346809 0.01544396		
## 7	0.010479395 0.010566376 0.01345748 0.01374220 0.01545381		
## 8	0.010160321 0.010664800 0.01467927 0.01487231 0.01678418		
## 9	0.010348584 0.011354233 0.01454819 0.01568388 0.01749993		
## 10	0.009825253 0.011218439 0.01396212 0.01337870 0.01597693		
## 11	0.010104309 0.010820548 0.01369059 0.01376584 0.01607921		
## 12	0.011270087 0.010290538 0.01413710 0.01400898 0.01603305		
## 13	0.009354912 0.008725347 0.01272870 0.01235206 0.01476532		
## 14	0.008327827 0.009680190 0.01181564 0.01185425 0.01496278		
## 15	0.010367155 0.010895177 0.01274030 0.01284021 0.01598270		
## 16	0.009276495 0.011079803 0.01092230 0.01174522 0.01519813		
## 17	0.009104472 0.011784907 0.01150169 0.01225512 0.01649426		
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	0.01471641 0.011955543 0.01956343 0.01852145		
## 2	0.01483627 0.013103266 0.01955477 0.01880860		
## 3	0.01431104 0.011625180 0.01878948 0.01787866		
## 4	0.01411371 0.011516848 0.01875426 0.01816902		
## 5	0.01436174 0.011827938 0.01896182 0.01830079		
## 6	0.01356175 0.010679781 0.01783761 0.01736587		
## 7	0.01355615 0.010597612 0.01781614 0.01696434		
## 8	0.01359500 0.010672167 0.01845044 0.01789139		
## 9	0.01423557 0.011740696 0.01907780 0.01867142		
## 10	0.01359310 0.012041021 0.01753816 0.01673671		
## 11	0.01348887 0.011228263 0.01766789 0.01657435		
## 12	0.01350431 0.010876574 0.01775745 0.01600310		
## 13	0.01198205 0.008100502 0.01655819 0.01439913		
## 14	0.01203914 0.008787955 0.01640753 0.01426870		
## 15	0.01320579 0.010953503 0.01730656 0.01457668		
## 16	0.01281333 0.010362612 0.01667775 0.01361002		
## 17	0.01313580 0.011352507 0.01722785 0.01395958		
##	treptow_koepenick		

```
## 1      0.010217841
## 2      0.010723111
## 3      0.010189023
## 4      0.010902223
## 5      0.011163920
## 6      0.011081515
## 7      0.010533507
## 8      0.011722918
## 9      0.013328544
## 10     0.011505102
## 11     0.011448497
## 12     0.010655384
## 13     0.009149261
## 14     0.009715705
## 15     0.010153393
## 16     0.009723461
## 17     0.010262348
```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```

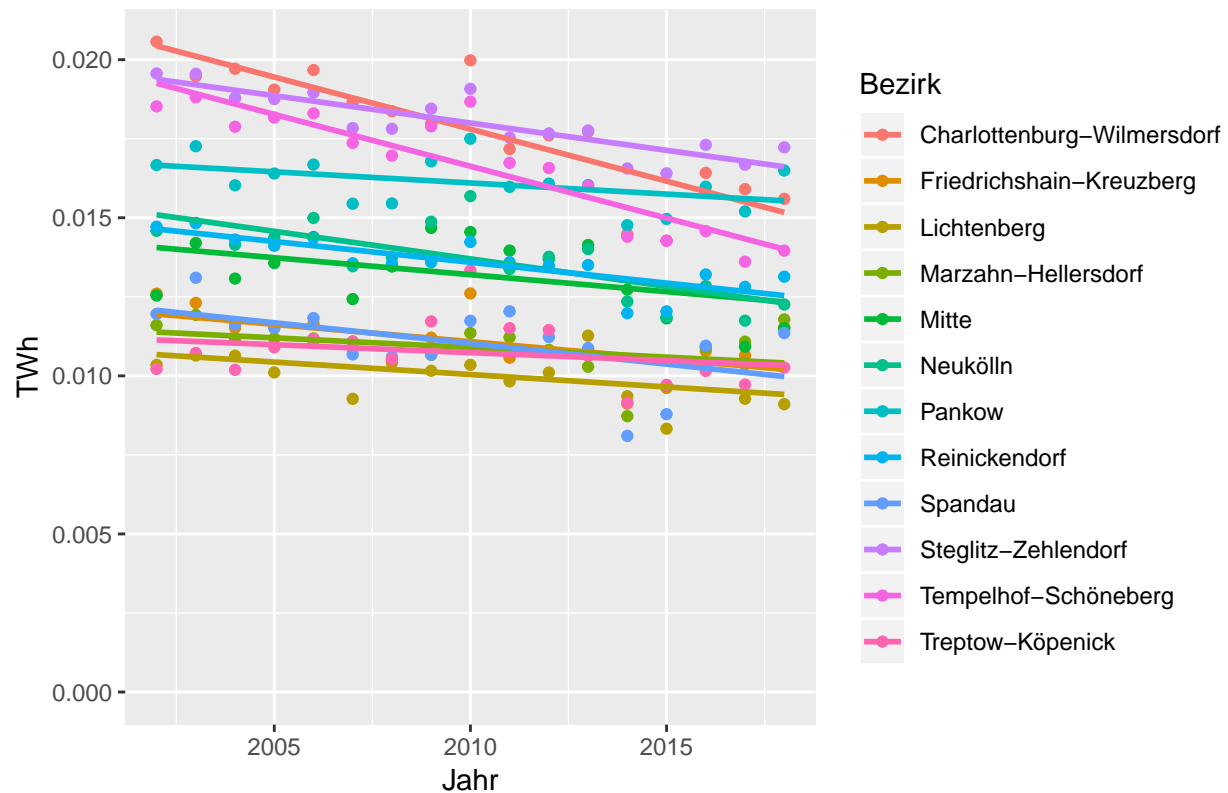
## 4.2. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018

Eine Grafik: Heizenergieverbrauch aller 12 Bezirke in einer Grafik) One Graph: All 12 lines in a single graph.

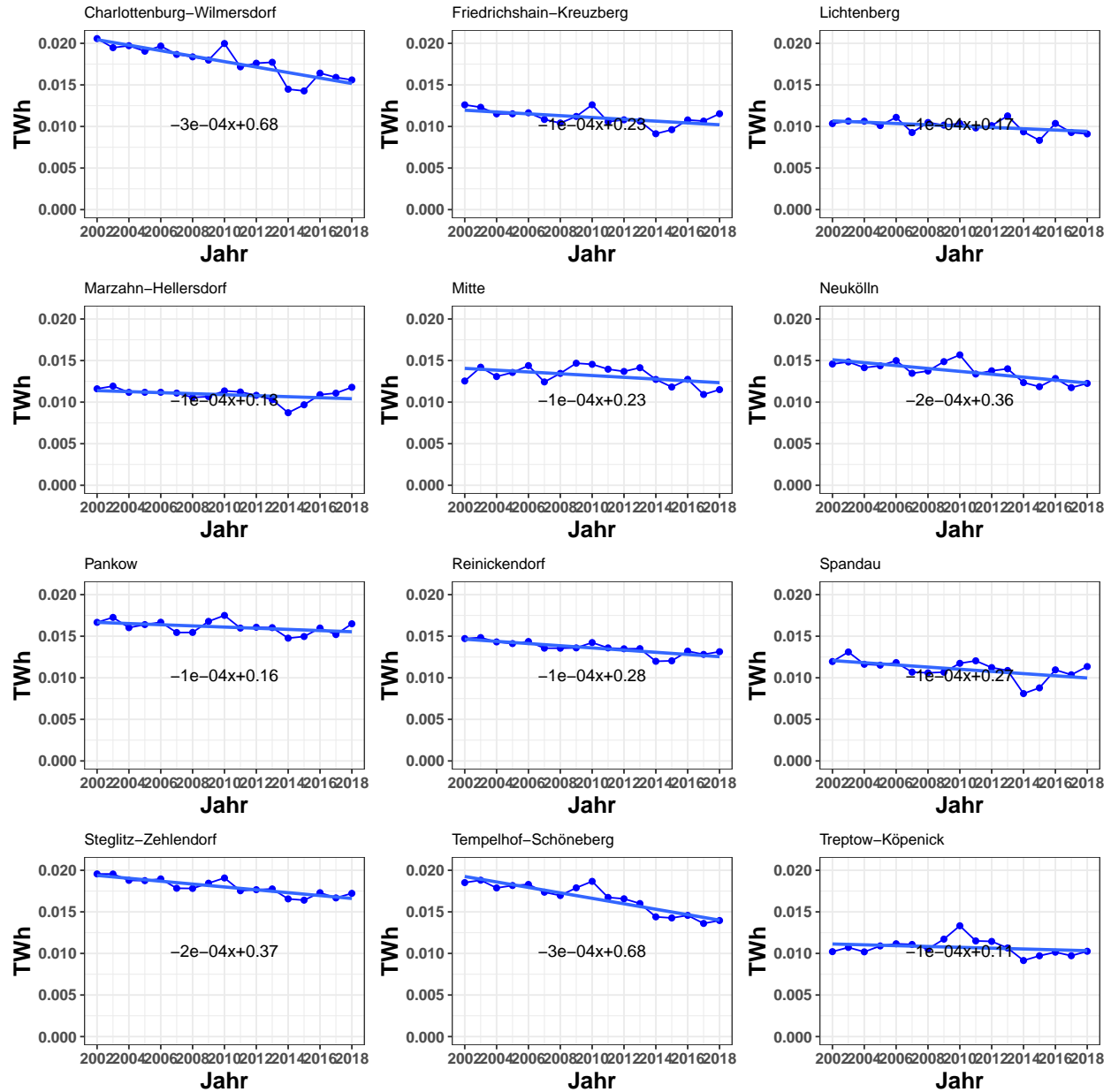
```
#aes_by_bezirk_kWh <- 1e9 * aes_by_bezirk_TWh
#aes_by_bezirk_kWh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
#aes_by_bezirk_TWh
```

```
plot_reqdColumns(aes_by_bezirk_TWh,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(aes_by_bezirk_TWh)[!(names(aes_by_bezirk_TWh) %in% c("abrechnungsjahr", "Bezirk"))],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "Energy in TWh",
  xlab = "Jahr",
  ylab = "TWh",
  plot_title = "Energieverbrauch in Stadtbezirken, alle Wohngebäude")
```

## Energieverbrauch in Stadtbezirken, alle Wohngebäude



```
max_aes_value <- max(aes_by_bezirk_TWh[ , names(aes_by_bezirk_TWh)[!(names(aes_by_bezirk_TWh) %in% c("abrechnungsjahr", "bezirk_list"))], na.rm=TRUE)
require(ggplot2)
g_aes_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_aes_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = aes_by_bezirk_TWh,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=0,
    ymax=max_aes_value,
    x_eq = 2010,
    y_eq = 0.5*max_aes_value,
    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "TWh",
    slope_round_to = 4,
    intercept_round_to = 2)
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_aes_bezirk[[1]],g_aes_bezirk[[2]],g_aes_bezirk[[3]],g_aes_bezirk[[4]],
  g_aes_bezirk[[5]],g_aes_bezirk[[6]],g_aes_bezirk[[7]],g_aes_bezirk[[8]],
  g_aes_bezirk[[9]],g_aes_bezirk[[10]],g_aes_bezirk[[11]],g_aes_bezirk[[12]],ncol=3)
```



aes\_by\_bezirk\_TWh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	0.02056930	0.012601162
## 2	2003	0.01947896	0.012308522
## 3	2004	0.01971218	0.011515207
## 4	2005	0.01905369	0.011522096
## 5	2006	0.01967211	0.011646211
## 6	2007	0.01866483	0.010842707
## 7	2008	0.01837063	0.010414274
## 8	2009	0.01797911	0.011206353
## 9	2010	0.01997899	0.012606370
## 10	2011	0.01717365	0.010571487

## 11	2012	0.01760947	0.010801474
## 12	2013	0.01772155	0.010639259
## 13	2014	0.01448168	0.009124327
## 14	2015	0.01427768	0.009615560
## 15	2016	0.01641859	0.010787497
## 16	2017	0.01590434	0.010643913
## 17	2018	0.01559906	0.011531901
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	0.010346350 0.011602053 0.01253993 0.01458647 0.01666747		
## 2	0.010645083 0.011927357 0.01420296 0.01483361 0.01726239		
## 3	0.010636608 0.011176681 0.01307703 0.01414639 0.01602723		
## 4	0.010107949 0.011184999 0.01356770 0.01437222 0.01639901		
## 5	0.011097848 0.011186048 0.01439023 0.01499376 0.01668113		
## 6	0.009273411 0.011086949 0.01242849 0.01346809 0.01544396		
## 7	0.010479395 0.010566376 0.01345748 0.01374220 0.01545381		
## 8	0.010160321 0.010664800 0.01467927 0.01487231 0.01678418		
## 9	0.010348584 0.011354233 0.01454819 0.01568388 0.01749993		
## 10	0.009825253 0.011218439 0.01396212 0.01337870 0.01597693		
## 11	0.010104309 0.010820548 0.01369059 0.01376584 0.01607921		
## 12	0.011270087 0.010290538 0.01413710 0.01400898 0.01603305		
## 13	0.009354912 0.008725347 0.01272870 0.01235206 0.01476532		
## 14	0.008327827 0.009680190 0.01181564 0.01185425 0.01496278		
## 15	0.010367155 0.010895177 0.01274030 0.01284021 0.01598270		
## 16	0.009276495 0.011079803 0.01092230 0.01174522 0.01519813		
## 17	0.009104472 0.011784907 0.01150169 0.01225512 0.01649426		
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	0.01471641 0.011955543 0.01956343 0.01852145		
## 2	0.01483627 0.013103266 0.01955477 0.01880860		
## 3	0.01431104 0.011625180 0.01878948 0.01787866		
## 4	0.01411371 0.011516848 0.01875426 0.01816902		
## 5	0.01436174 0.011827938 0.01896182 0.01830079		
## 6	0.01356175 0.010679781 0.01783761 0.01736587		
## 7	0.01355615 0.010597612 0.01781614 0.01696434		
## 8	0.01359500 0.010672167 0.01845044 0.01789139		
## 9	0.01423557 0.011740696 0.01907780 0.01867142		
## 10	0.01359310 0.012041021 0.01753816 0.01673671		
## 11	0.01348887 0.011228263 0.01766789 0.01657435		
## 12	0.01350431 0.010876574 0.01775745 0.01600310		
## 13	0.01198205 0.008100502 0.01655819 0.01439913		
## 14	0.01203914 0.008787955 0.01640753 0.01426870		
## 15	0.01320579 0.010953503 0.01730656 0.01457668		
## 16	0.01281333 0.010362612 0.01667775 0.01361002		
## 17	0.01313580 0.011352507 0.01722785 0.01395958		
##	treptow_koepenick		
## 1	0.010217841		
## 2	0.010723111		
## 3	0.010189023		
## 4	0.010902223		
## 5	0.011163920		
## 6	0.011081515		
## 7	0.010533507		
## 8	0.011722918		
## 9	0.013328544		
## 10	0.011505102		

```
## 11      0.011448497
## 12      0.010655384
## 13      0.009149261
## 14      0.009715705
## 15      0.010153393
## 16      0.009723461
## 17      0.010262348
```

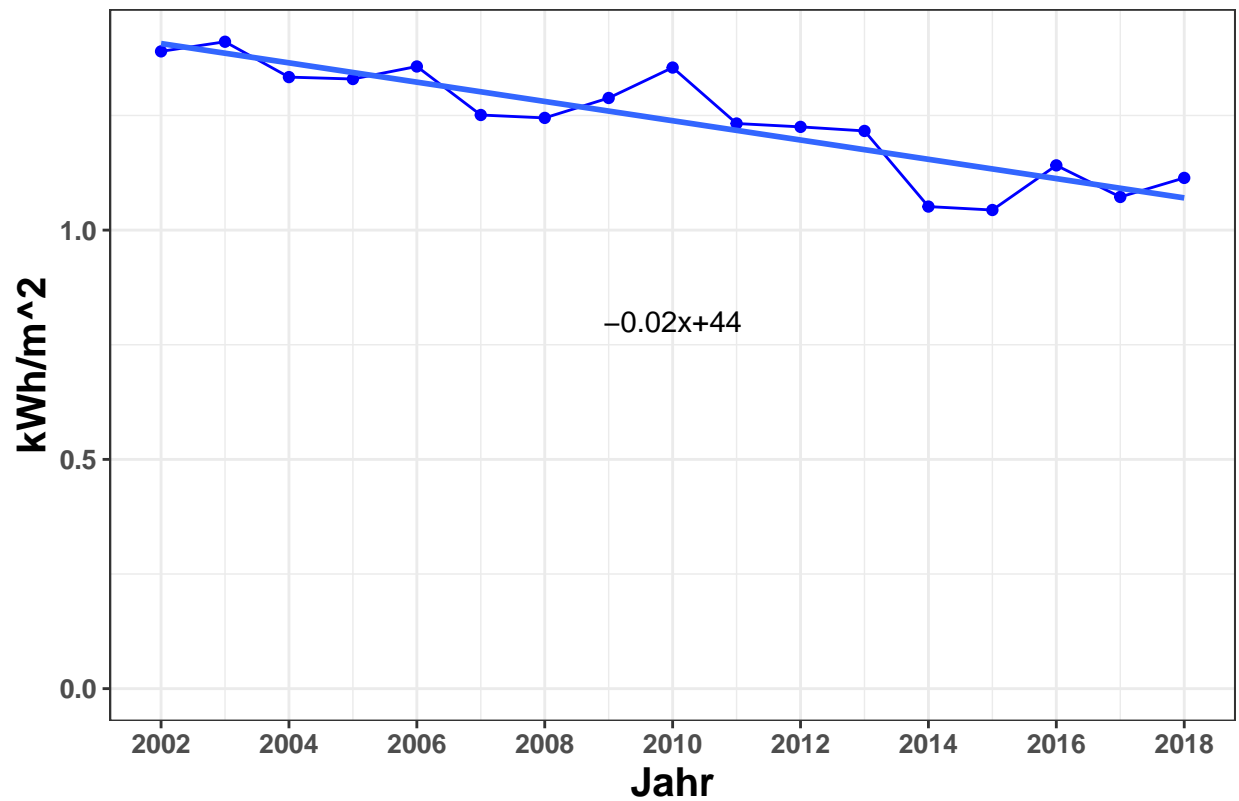
```
i_subsection <- i_subsection+1
```

### 4.3. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m<sup>2</sup>[AN]\*a)

- bezirk\_areas\_all\$total gives the total areas of berlin (MFH+SFH).
- aes\_by\_ET\_TWh\$total gives the total TWh consumption.
- So the quotient will give the per unit area consumption.

```
spz_verbrauch_all <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018,
                                kWh_per_m2 = 1e9 * aes_by_ET_TWh$total/bezirk_areas_all$total)
points_line_lm(input_data = spz_verbrauch_all,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "kWh_per_m2",
               ymin = 0,
               ymax = max(spz_verbrauch_all$kWh_per_m2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 0.8,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifischer Energieverbrauch in Berlin, alle Wohngebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kWh/m^2")
```

Spezifischer Energieverbrauch in Berlin, alle Wohngebäude



```
spz_verbrauch_all
```

```
##      abrechnungsjahr kWh_per_m2
## 1          2002      1.389842
## 2          2003      1.410797
## 3          2004      1.333688
## 4          2005      1.329516
## 5          2006      1.356857
## 6          2007      1.251045
## 7          2008      1.244700
## 8          2009      1.288146
## 9          2010      1.354495
## 10         2011      1.232486
## 11         2012      1.225124
## 12         2013      1.216296
## 13         2014      1.051332
## 14         2015      1.043839
## 15         2016      1.141170
## 16         2017      1.072288
## 17         2018      1.113854
```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```



#### 4.4. Stadtbezirke, alle Wohngebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018

Plot of the total area (to be combined with the specific energy consumption into one picture):

```
#####
#plot(2002:2018 , bezirk_areas_all$total,ylim=c(0,max(bezirk_areas_all$total)),col="blue")
#par(new=TRUE)
#plot(2002:2018, spz_verbrauch_all$kWh_per_m2,xlab="", ylab="", #ylim=c(0,max(spz_verbrauch_all$kWh_per_m2))
#####

#spz_verbrauch_all$kWh_per_m2
#make a function to plot two quantities, a dual plot, one on the left axis and the other on the right axis

plot_dualPlot <- function(y1 , y2 , x , xlab, ylab1 , ylab2, ylegend1, ylegend2) {
  dframe <- data.frame(x=x , y1=y1 , y2=y2)
  lm1 <- lm(y1~x , data = dframe)
  lm2 <- lm(y2~x , data = dframe)
  #replace with linear predictions
  y1 <- as.numeric(lm1$fitted.values)
  y2 <- as.numeric(lm2$fitted.values)

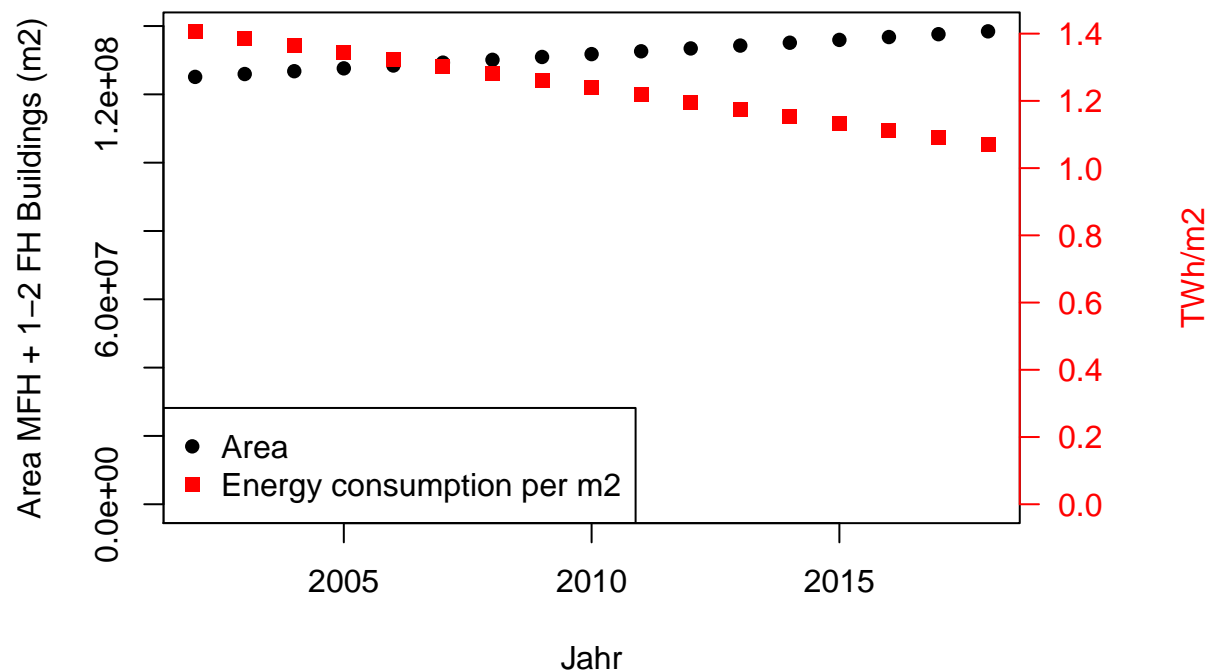
  par(mar=c(5, 4, 4, 6) + 0.1)
  plot(x,y1,ylim=c(0,max(y1)),col="black",xlab=xlab,ylab=ylab1,pch=16)

  par(new=TRUE)

  plot(x,y2,xlab="", ylab="", ylim=c(0,max(y2)), axes = FALSE , col = "red",pch=15)
  mtext(ylab2, side = 4, line = 4,col="red")
  axis(4, ylim=c(0,max(y2)), col="red",col.axis="red",las=1)

  legend("bottomleft", c(ylegend1, ylegend2),
        col = c("black", "red"), pch = c(16, 15))
}

plot_dualPlot(bezirk_areas_all$total,
              spz_verbrauch_all$kWh_per_m2,
              2002:2018,
              "Jahr",
              "Area MFH + 1-2 FH Buildings (m2)",
              "TWh/m2",
              "Area",
              "Energy consumption per m2")
```



```
data.frame(Jahr=2002:2018 , area=bezirk_areas_all$total,
            spez_verbrauch = spz_verbrauch_all$kWh_per_m2)
```

```
##   Jahr      area spez_verbrauch
## 1  2002 125113096      1.389842
## 2  2003 125946450      1.410797
## 3  2004 126779804      1.333688
## 4  2005 127613157      1.329516
## 5  2006 128446511      1.356857
## 6  2007 129279864      1.251045
## 7  2008 130113218      1.244700
## 8  2009 130946571      1.288146
## 9  2010 132207400      1.354495
## 10 2011 132675500      1.232486
## 11 2012 133275700      1.225124
## 12 2013 133929100      1.216296
## 13 2014 134801800      1.051332
## 14 2015 135799700      1.043839
## 15 2016 136901200      1.141170
## 16 2017 137982900      1.072288
## 17 2018 138446754      1.113854
```

```
i_section <- i_section + 1
i_subsection <- 1
```

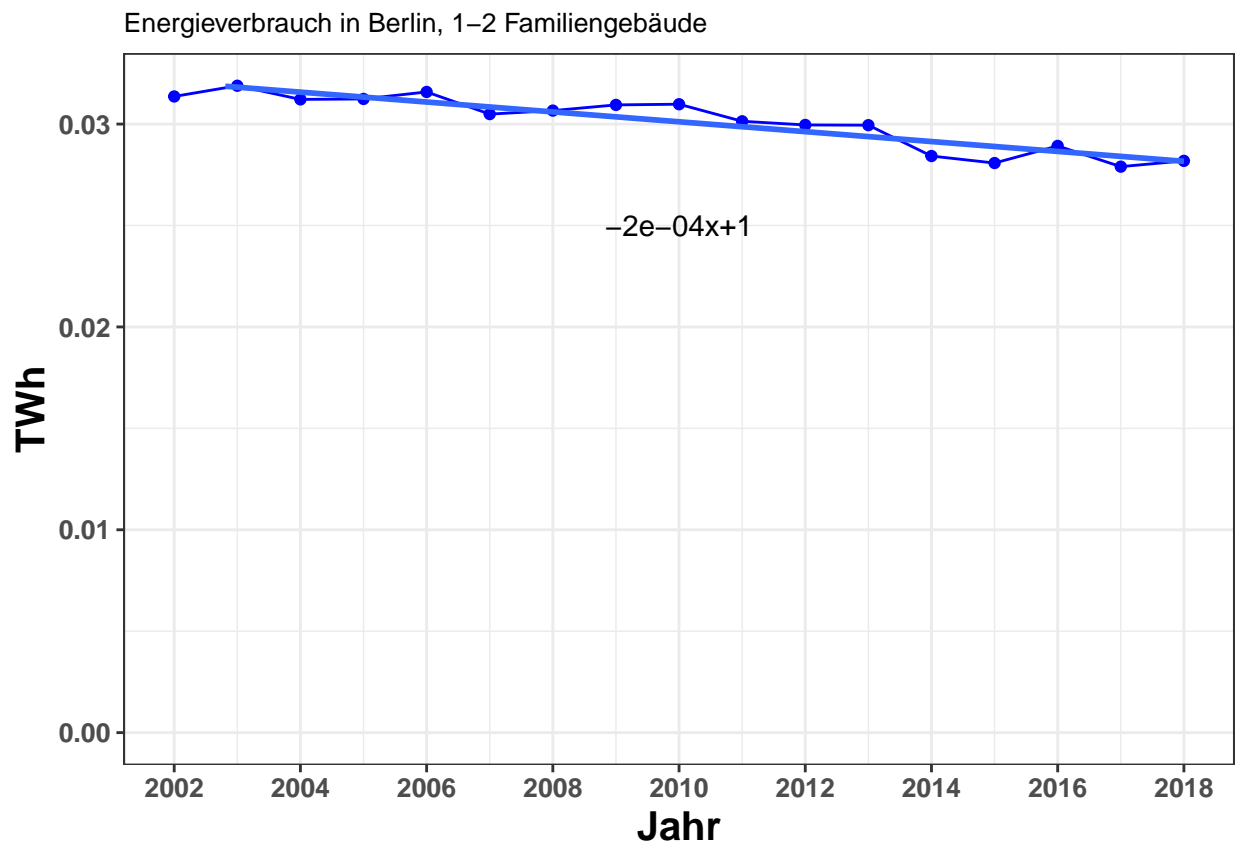
## 5. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, 1-2 Familiengebäude

### 5.1. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 summiert

- Total energy split by ET:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_ET_TWh_sfh <- by_ten_9 * co2_allebezirke_byET$aes_sfh
aes_by_ET_TWh_sfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_ET_TWh_sfh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_ET_TWh_sfh , dropCols = c("abrechnungsjahr","total"))
```

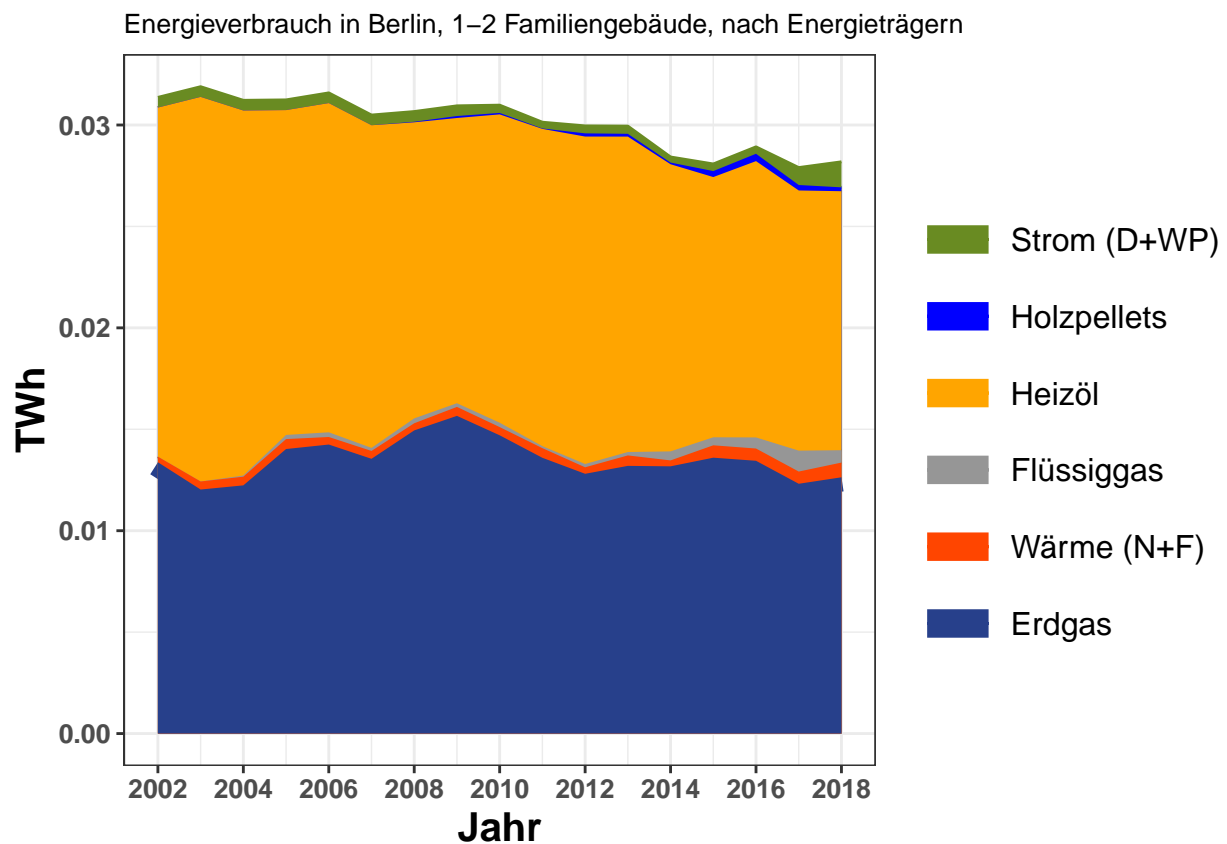
```
points_line_lm(input_data = aes_by_ET_TWh_sfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "total",
               ymin = 0,
               ymax = max(aes_by_ET_TWh_sfh$total),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 0.025,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Energieverbrauch in Berlin, 1-2 Familiengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "TWh",
               slope_round_to = 4)
```



```
aes_by_ET_TWh_sfh[, c("abrechnungsjahr", "total")]
```

```
##      abrechnungsjahr      total
## 1      2002 0.03136097
## 2      2003 0.03188876
## 3      2004 0.03121630
## 4      2005 0.03123803
## 5      2006 0.03158294
## 6      2007 0.03049158
## 7      2008 0.03066364
## 8      2009 0.03094417
## 9      2010 0.03097862
## 10     2011 0.03013689
## 11     2012 0.02995676
## 12     2013 0.02994512
## 13     2014 0.02842386
## 14     2015 0.02807894
## 15     2016 0.02892308
## 16     2017 0.02790134
## 17     2018 0.02818576
```

```
plot_byET(aes_by_ET_TWh_sfh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle = "Energieverbrauch in Berlin, 1-2 Familiengebäude, nach Energieträgern")
```



```
aes_by_ET_TWh_sfh
```

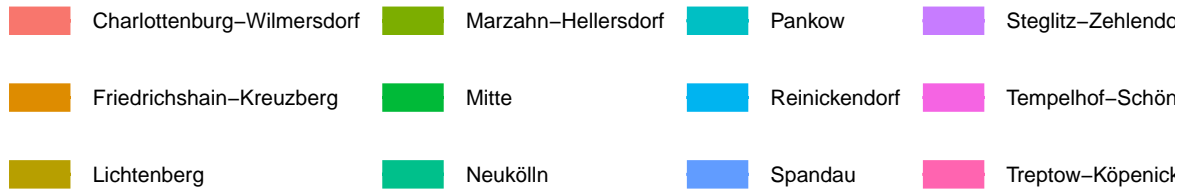
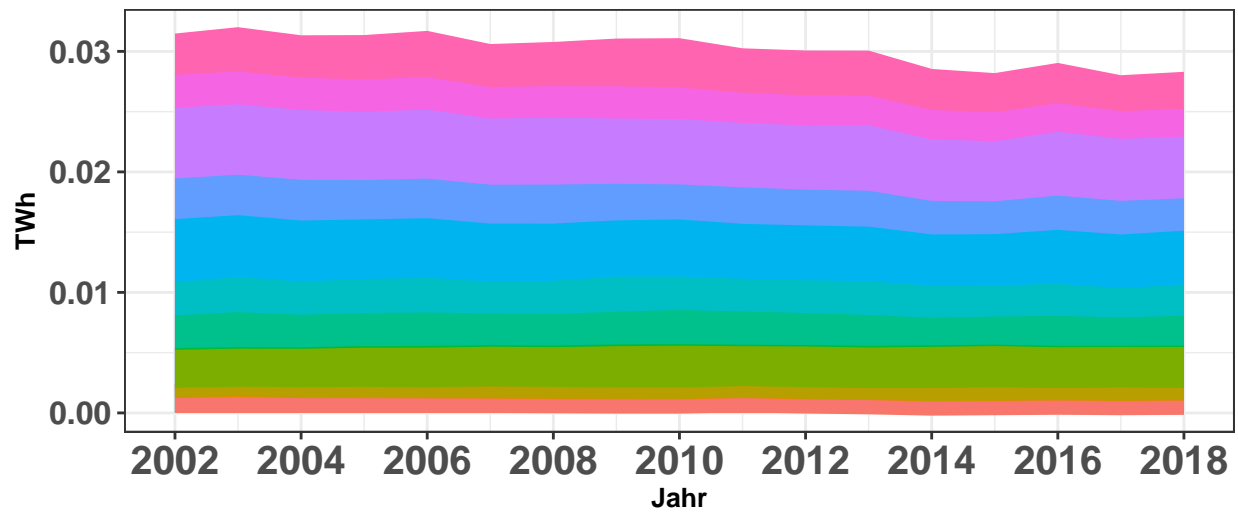
```
##          erdgas          waerme fluessiggas          heizael holzpellets
## 1  0.01337470 0.0002740097 0.000000e+00 0.01720874 0.000000e+00
## 2  0.01202963 0.0003970011 0.000000e+00 0.01895861 0.000000e+00
## 3  0.01223394 0.0004297827 5.531548e-05 0.01799374 0.000000e+00
## 4  0.01402660 0.0004896765 2.039671e-04 0.01601427 0.000000e+00
## 5  0.01424695 0.0003720386 2.317680e-04 0.01622866 0.000000e+00
## 6  0.01354332 0.0003890188 1.487721e-04 0.01590695 0.000000e+00
## 7  0.01494325 0.0003524226 2.409145e-04 0.01459522 2.832020e-05
## 8  0.01565996 0.0004414851 1.822893e-04 0.01406111 9.580300e-05
## 9  0.01470345 0.0004044569 2.155464e-04 0.01519985 7.169748e-05
## 10 0.01359389 0.0004764271 9.863801e-05 0.01563824 2.179239e-05
## 11 0.01280560 0.0003203880 1.616825e-04 0.01614247 1.568023e-04
## 12 0.01319558 0.0005146999 1.671592e-04 0.01555069 1.364416e-04
## 13 0.01317347 0.0002911093 4.456608e-04 0.01415418 8.222168e-05
## 14 0.01359866 0.0006109283 3.946685e-04 0.01282945 2.940997e-04
## 15 0.01344647 0.0006052299 5.458192e-04 0.01362083 3.622767e-04
## 16 0.01231282 0.0006029790 1.031657e-03 0.01282534 2.694082e-04
## 17 0.01263279 0.0007254280 6.097291e-04 0.01276784 1.901044e-04
##          strom abrechnungsjahr          total
## 1  0.0005035221                2002 0.03136097
## 2  0.0005035221                2003 0.03188876
## 3  0.0005035221                2004 0.03121630
## 4  0.0005035221                2005 0.03123803
## 5  0.0005035221                2006 0.03158294
## 6  0.0005035221                2007 0.03049158
## 7  0.0005035221                2008 0.03066364
## 8  0.0005035221                2009 0.03094417
## 9  0.0003836204                2010 0.03097862
## 10 0.0003079039                2011 0.03013689
## 11 0.0003698144                2012 0.02995676
## 12 0.0003805484                2013 0.02994512
## 13 0.0002772173                2014 0.02842386
## 14 0.0003511301                2015 0.02807894
## 15 0.0003424613                2016 0.02892308
## 16 0.0008591351                2017 0.02790134
## 17 0.0012598678                2018 0.02818576
```

- Total energy split by bezirk:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_bezirk_TWh_sfh <- by_ten_9 * alle_bezirke_co2$aes_sfh
aes_by_bezirk_TWh_sfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_bezirk_TWh_sfh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_bezirk_TWh_sfh , dropCols = "abrechnungsjahr")

plot_byBezirke(aes_by_bezirk_TWh_sfh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle="Energieverbr")
```

Energieverbrauch in Berlin, 1–2 Familiengebäude, nach Bezirk



aes\_by\_bezirk\_TWh\_sfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	0.0012340179	8.593297e-05		
## 2	2003	0.0013152991	9.000103e-05		
## 3	2004	0.0012276634	7.668603e-05		
## 4	2005	0.0012239500	7.456248e-05		
## 5	2006	0.0012051856	7.172745e-05		
## 6	2007	0.0011812972	6.287678e-05		
## 7	2008	0.0011515396	6.086307e-05		
## 8	2009	0.0011246333	6.243335e-05		
## 9	2010	0.0011230201	5.633951e-05		
## 10	2011	0.0012279860	5.921415e-05		
## 11	2012	0.0011266930	5.356043e-05		
## 12	2013	0.0010640499	5.253745e-05		
## 13	2014	0.0009522346	4.501432e-05		
## 14	2015	0.0009879918	4.704828e-05		
## 15	2016	0.0010256174	5.330179e-05		
## 16	2017	0.0009875743	5.065690e-05		
## 17	2018	0.0010189984	5.977010e-05		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	0.0007664723	0.003147315	1.285797e-04	0.002723939	0.002747108
## 2	0.0007612600	0.003163056	1.406819e-04	0.002887632	0.002926626
## 3	0.0008335342	0.003179845	1.301728e-04	0.002695950	0.002759434
## 4	0.0008573903	0.003253749	1.341047e-04	0.002745132	0.002813765
## 5	0.0008549122	0.003281472	1.415149e-04	0.002777042	0.002887519

```

## 6 0.0009514727      0.003299470 1.167428e-04 0.002645982 0.002629560
## 7 0.0009431355      0.003300728 1.310679e-04 0.002613658 0.002756625
## 8 0.0009251783      0.003427196 1.468744e-04 0.002713572 0.002917131
## 9 0.0009247984      0.003473960 1.291553e-04 0.002829420 0.002782929
## 10 0.0009364622      0.003315694 1.177669e-04 0.002756292 0.002717309
## 11 0.0009567771      0.003377290 1.213891e-04 0.002656068 0.002723239
## 12 0.0009453442      0.003364607 1.318077e-04 0.002566571 0.002799062
## 13 0.0010690769      0.003416242 1.296241e-04 0.002269308 0.002686279
## 14 0.0010879983      0.003429039 1.128732e-04 0.002330918 0.002574712
## 15 0.0009898398      0.003380480 1.143926e-04 0.002490295 0.002675535
## 16 0.0010665303      0.003363379 9.050839e-05 0.002363793 0.002436683
## 17 0.0010043909      0.003393415 9.698399e-05 0.002489975 0.002590577
##      reinickendorf      spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg
## 1      0.005244864 0.003372879      0.005872336      0.002723201
## 2      0.005124802 0.003357908      0.005843043      0.002737822
## 3      0.005058003 0.003379058      0.005798507      0.002670435
## 4      0.004949233 0.003269893      0.005661884      0.002693149
## 5      0.004938889 0.003279111      0.005736362      0.002686476
## 6      0.004825256 0.003224362      0.005488866      0.002617405
## 7      0.004750353 0.003244425      0.005561029      0.002600787
## 8      0.004658836 0.003036979      0.005414303      0.002677769
## 9      0.004733305 0.002910417      0.005425589      0.002629258
## 10     0.004558506 0.003030731      0.005347192      0.002503142
## 11     0.004547378 0.002961282      0.005326869      0.002503277
## 12     0.004532588 0.002979653      0.005438398      0.002471186
## 13     0.004244504 0.002781217      0.005104194      0.002440971
## 14     0.004261594 0.002726458      0.004982838      0.002403030
## 15     0.004460972 0.002846115      0.005295549      0.002367590
## 16     0.004445704 0.002789726      0.005147163      0.002293427
## 17     0.004461914 0.002690942      0.005123832      0.002312920
##      treptow_koepenick
## 1      0.003314329
## 2      0.003540628
## 3      0.003407012
## 4      0.003561221
## 5      0.003722732
## 6      0.003448286
## 7      0.003549431
## 8      0.003839264
## 9      0.003960428
## 10     0.003566599
## 11     0.003602937
## 12     0.003599321
## 13     0.003285197
## 14     0.003134436
## 15     0.003223397
## 16     0.002866196
## 17     0.002942039

```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```

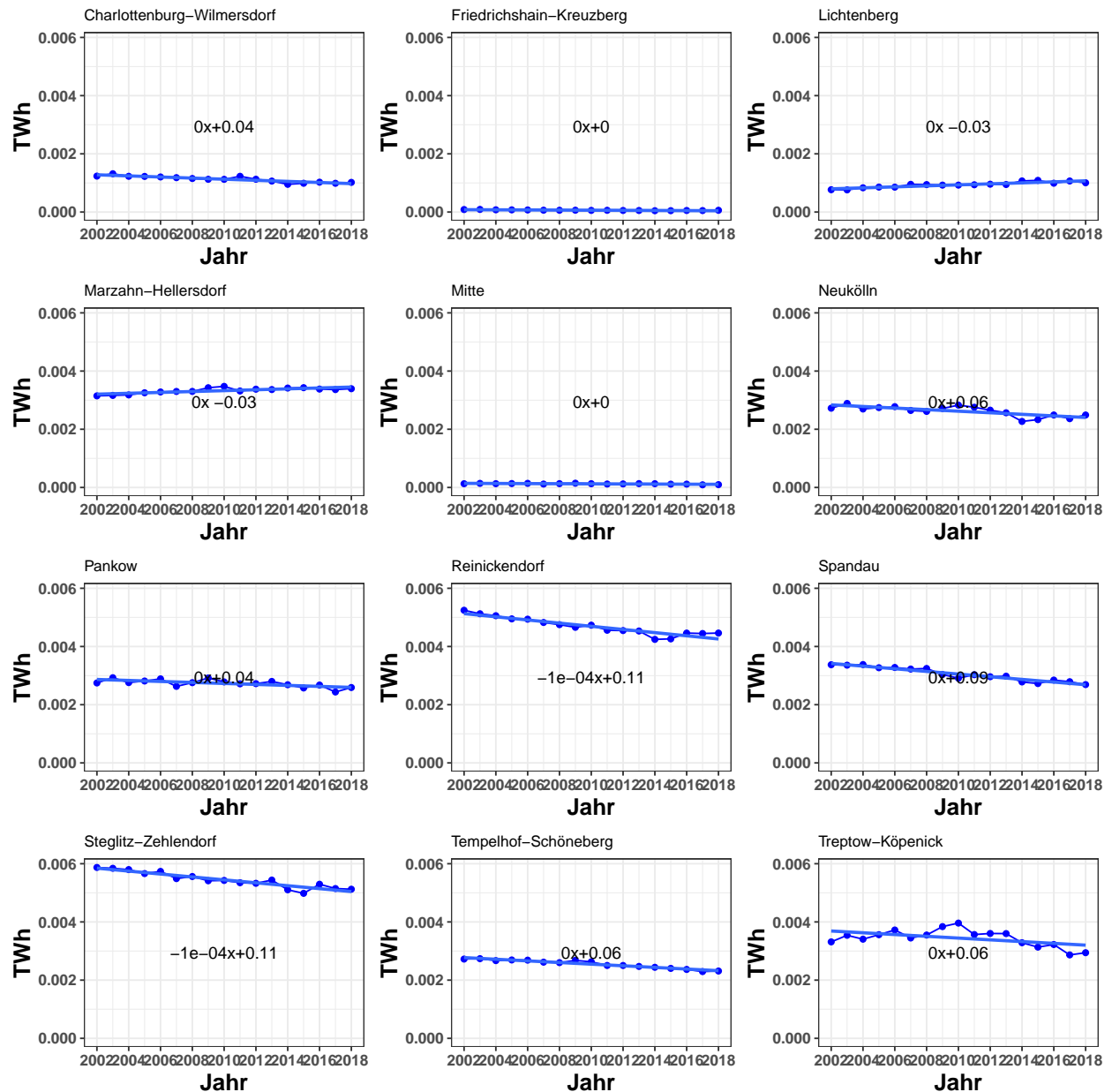




```

    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "TWh",
    slope_round_to = 4,
    intercept_round_to = 2)
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_aes_bezirk[[1]],g_aes_bezirk[[2]],g_aes_bezirk[[3]],g_aes_bezirk[[4]],
             g_aes_bezirk[[5]],g_aes_bezirk[[6]],g_aes_bezirk[[7]],g_aes_bezirk[[8]],
             g_aes_bezirk[[9]],g_aes_bezirk[[10]],g_aes_bezirk[[11]],g_aes_bezirk[[12]],ncol=3)

```



# aes\_by\_bezirk\_TWh\_sfh

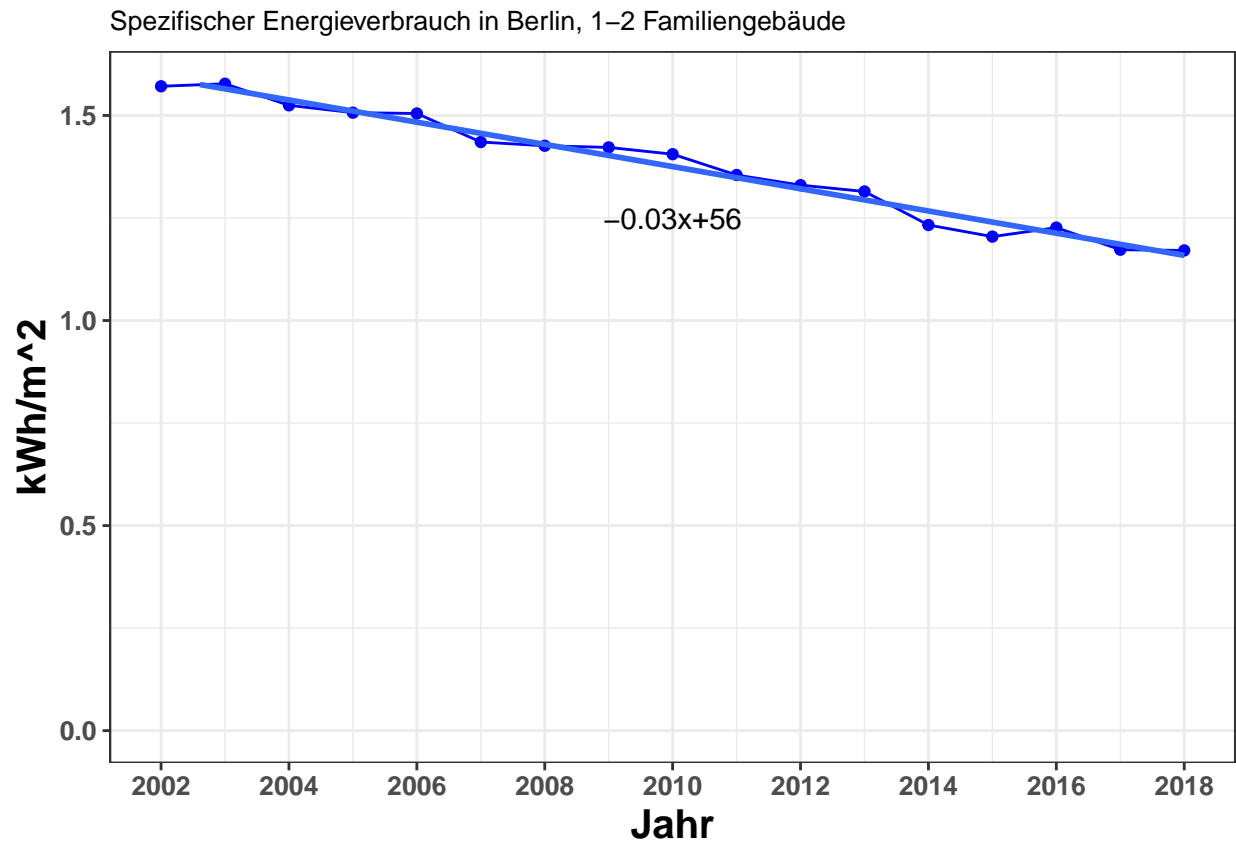
##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg		
## 1	2002	0.0012340179	8.593297e-05		
## 2	2003	0.0013152991	9.000103e-05		
## 3	2004	0.0012276634	7.668603e-05		
## 4	2005	0.0012239500	7.456248e-05		
## 5	2006	0.0012051856	7.172745e-05		
## 6	2007	0.0011812972	6.287678e-05		
## 7	2008	0.0011515396	6.086307e-05		
## 8	2009	0.0011246333	6.243335e-05		
## 9	2010	0.0011230201	5.633951e-05		
## 10	2011	0.0012279860	5.921415e-05		
## 11	2012	0.0011266930	5.356043e-05		
## 12	2013	0.0010640499	5.253745e-05		
## 13	2014	0.0009522346	4.501432e-05		
## 14	2015	0.0009879918	4.704828e-05		
## 15	2016	0.0010256174	5.330179e-05		
## 16	2017	0.0009875743	5.065690e-05		
## 17	2018	0.0010189984	5.977010e-05		
##	lichtenberg	marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln	pankow
## 1	0.0007664723	0.003147315	1.285797e-04	0.002723939	0.002747108
## 2	0.0007612600	0.003163056	1.406819e-04	0.002887632	0.002926626
## 3	0.0008335342	0.003179845	1.301728e-04	0.002695950	0.002759434
## 4	0.0008573903	0.003253749	1.341047e-04	0.002745132	0.002813765
## 5	0.0008549122	0.003281472	1.415149e-04	0.002777042	0.002887519
## 6	0.0009514727	0.003299470	1.167428e-04	0.002645982	0.002629560
## 7	0.0009431355	0.003300728	1.310679e-04	0.002613658	0.002756625
## 8	0.0009251783	0.003427196	1.468744e-04	0.002713572	0.002917131
## 9	0.0009247984	0.003473960	1.291553e-04	0.002829420	0.002782929
## 10	0.0009364622	0.003315694	1.177669e-04	0.002756292	0.002717309
## 11	0.0009567771	0.003377290	1.213891e-04	0.002656068	0.002723239
## 12	0.0009453442	0.003364607	1.318077e-04	0.002566571	0.002799062
## 13	0.0010690769	0.003416242	1.296241e-04	0.002269308	0.002686279
## 14	0.0010879983	0.003429039	1.128732e-04	0.002330918	0.002574712
## 15	0.0009898398	0.003380480	1.143926e-04	0.002490295	0.002675535
## 16	0.0010665303	0.003363379	9.050839e-05	0.002363793	0.002436683
## 17	0.0010043909	0.003393415	9.698399e-05	0.002489975	0.002590577
##	reinickendorf	spandau	steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg	
## 1	0.005244864	0.003372879	0.005872336	0.002723201	
## 2	0.005124802	0.003357908	0.005843043	0.002737822	
## 3	0.005058003	0.003379058	0.005798507	0.002670435	
## 4	0.004949233	0.003269893	0.005661884	0.002693149	
## 5	0.004938889	0.003279111	0.005736362	0.002686476	
## 6	0.004825256	0.003224362	0.005488866	0.002617405	
## 7	0.004750353	0.003244425	0.005561029	0.002600787	
## 8	0.004658836	0.003036979	0.005414303	0.002677769	
## 9	0.004733305	0.002910417	0.005425589	0.002629258	
## 10	0.004558506	0.003030731	0.005347192	0.002503142	
## 11	0.004547378	0.002961282	0.005326869	0.002503277	
## 12	0.004532588	0.002979653	0.005438398	0.002471186	
## 13	0.004244504	0.002781217	0.005104194	0.002440971	
## 14	0.004261594	0.002726458	0.004982838	0.002403030	

```
## 15 0.004460972 0.002846115 0.005295549 0.002367590
## 16 0.004445704 0.002789726 0.005147163 0.002293427
## 17 0.004461914 0.002690942 0.005123832 0.002312920
## treptow_koepenick
## 1 0.003314329
## 2 0.003540628
## 3 0.003407012
## 4 0.003561221
## 5 0.003722732
## 6 0.003448286
## 7 0.003549431
## 8 0.003839264
## 9 0.003960428
## 10 0.003566599
## 11 0.003602937
## 12 0.003599321
## 13 0.003285197
## 14 0.003134436
## 15 0.003223397
## 16 0.002866196
## 17 0.002942039
```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```

### 5.3. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m<sup>2</sup>[AN]\*a)

```
spz_verbrauch_sfh <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018,
                                kWh_per_m2 = 1e9 * aes_by_ET_TWh_sfh$total/bezirk_areas_sfh$total)
points_line_lm(input_data = spz_verbrauch_sfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "kWh_per_m2",
               ymin = 0,
               ymax = max(spz_verbrauch_sfh$kWh_per_m2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 1.25,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifischer Energieverbrauch in Berlin, 1-2 Familiengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kWh/m^2")
```



```
spz_verbrauch_sfh
```

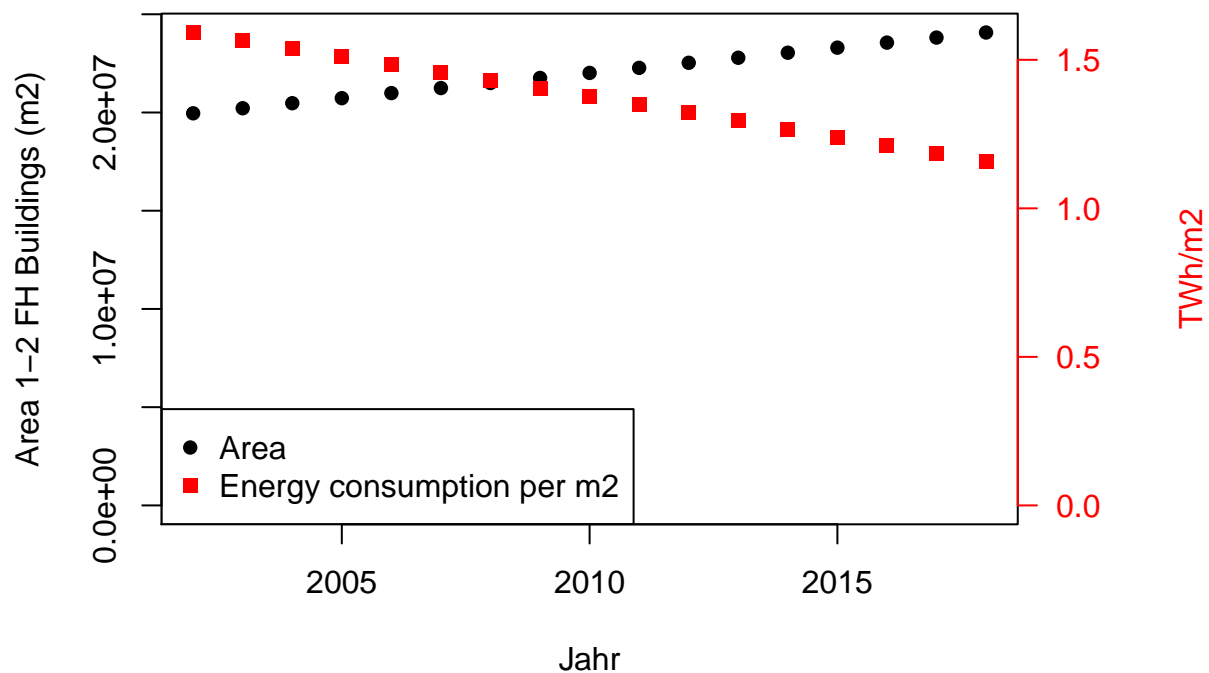
```
##      abrechnungsjahr kWh_per_m2
## 1      2002      1.571225
## 2      2003      1.577357
## 3      2004      1.524711
## 4      2005      1.506857
## 5      2006      1.504838
## 6      2007      1.435262
## 7      2008      1.426109
## 8      2009      1.422157
## 9      2010      1.405595
## 10     2011      1.354784
## 11     2012      1.330105
## 12     2013      1.314674
## 13     2014      1.232888
## 14     2015      1.204608
## 15     2016      1.226573
## 16     2017      1.172695
## 17     2018      1.170909
```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```

#### 5.4. Stadtbezirke, 1-2 Familiengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018

Plot of the 1-2 FH area (to be combined with the specific energy consumption into one picture):

```
plot_dualPlot(bezirk_areas_sf$total,
              spz_verbrauch_sf$kWh_per_m2,
              2002:2018,
              "Jahr",
              "Area 1-2 FH Buildings (m2)",
              "TWh/m2",
              "Area",
              "Energy consumption per m2")
```



```
data.frame(Jahr=2002:2018,
            area= bezirk_areas_sf$total,
            spez_verbrauch = spz_verbrauch_sf$kWh_per_m2)
```

```
##   Jahr      area spez_verbrauch
## 1  2002 19959568      1.571225
## 2  2003 20216575      1.577357
## 3  2004 20473582      1.524711
## 4  2005 20730589      1.506857
## 5  2006 20987596      1.504838
## 6  2007 21244604      1.435262
```

```
## 7 2008 21501611      1.426109
## 8 2009 21758618      1.422157
## 9 2010 22039500      1.405595
## 10 2011 22244800      1.354784
## 11 2012 22522100      1.330105
## 12 2013 22777600      1.314674
## 13 2014 23054700      1.232888
## 14 2015 23309600      1.204608
## 15 2016 23580400      1.226573
## 16 2017 23792500      1.172695
## 17 2018 24071682      1.170909
```

```
i_section <- i_section + 1
i_subsection <- 1
```

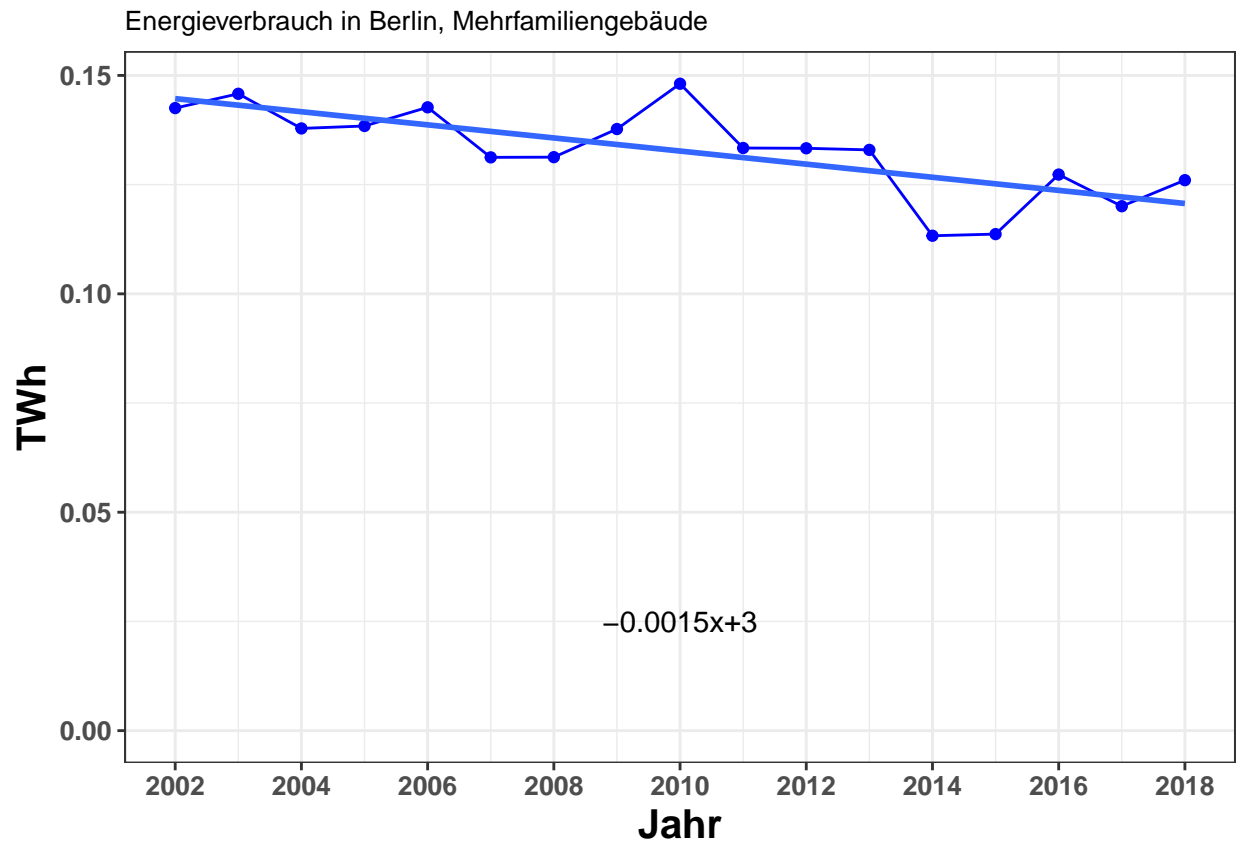
## 6. Heizenergieverbrauch nach Stadtbezirken 2002 - 2018, Mehrfamiliengebäude

### 6.1. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 summiert

- Total energy split by ET:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_ET_TWh_mfh <- by_ten_9 * co2_allebezirke_byET$aes_mfh
aes_by_ET_TWh_mfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_ET_TWh_mfh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_ET_TWh_mfh , dropCols = c("abrechnungsjahr","total"))
```

```
points_line_lm(input_data = aes_by_ET_TWh_mfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "total",
               ymin = 0,
               ymax = max(aes_by_ET_TWh_mfh$total),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 0.025,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Energieverbrauch in Berlin, Mehrfamiliengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "TWh",
               slope_round_to = 4)
```

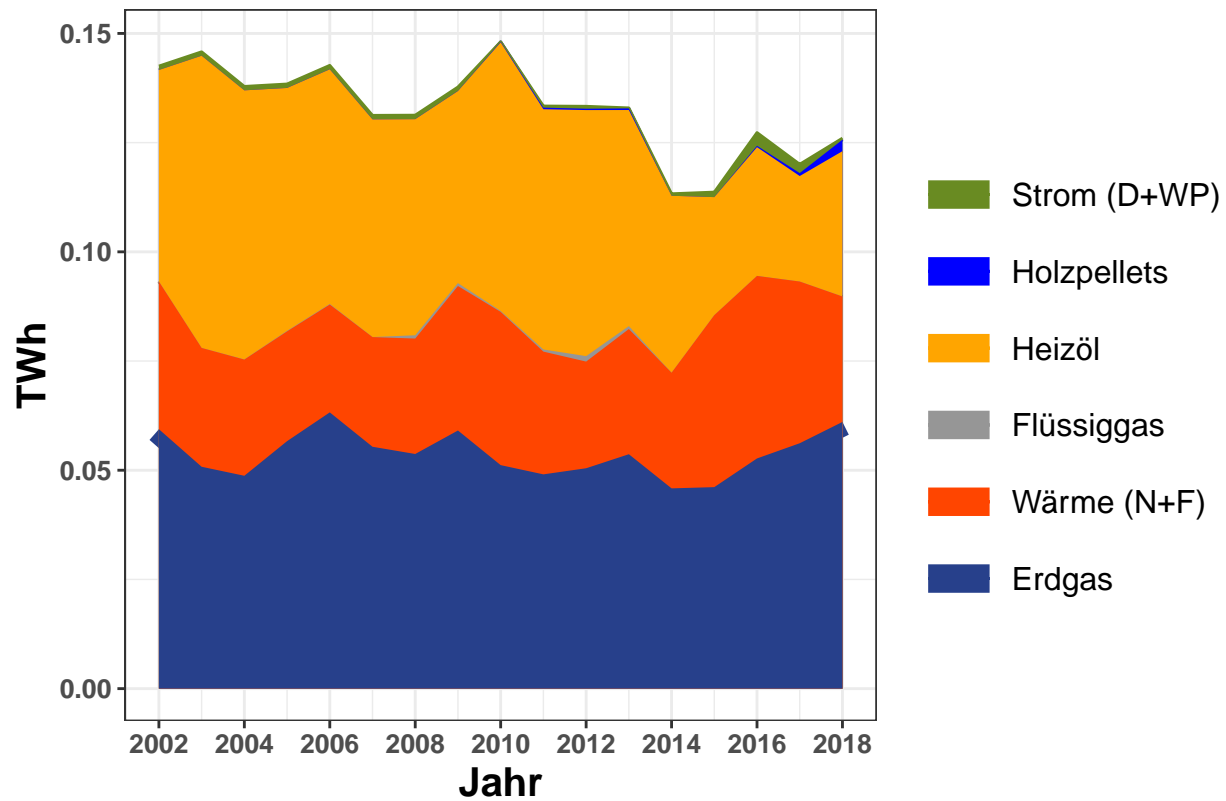


```
aes_by_ET_TWh_mfh[ , c("abrechnungsjahr","total")]
```

```
##   abrechnungsjahr   total
## 1          2002 0.1425264
## 2          2003 0.1457962
## 3          2004 0.1378684
## 4          2005 0.1384257
## 5          2006 0.1427006
## 6          2007 0.1312434
## 7          2008 0.1312883
## 8          2009 0.1377341
## 9          2010 0.1480956
## 10         2011 0.1333838
## 11         2012 0.1333226
## 12         2013 0.1329522
## 13         2014 0.1132976
## 14         2015 0.1136740
## 15         2016 0.1273045
## 16         2017 0.1200560
## 17         2018 0.1260237
```

```
plot_byET(aes_by_ET_TWh_mfh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle = "Energieverbrauch in Berlin, Mehrfamiliengebäude")
```

Energieverbrauch in Berlin, Mehrfamiliengebäude, nach Energieträgern



aes\_by\_ET\_TWh\_mfh

##	erdgas	waerme	fluessiggas	heizoel	holzpellets	strom
## 1	0.05938804	0.03380781	0.000000e+00	0.04843191	0.000000e+00	8.986769e-04
## 2	0.05079448	0.02720451	0.000000e+00	0.06689849	0.000000e+00	8.986769e-04
## 3	0.04873127	0.02660622	2.706414e-05	0.06160519	0.000000e+00	8.986769e-04
## 4	0.05665545	0.02513700	1.267408e-04	0.05559541	1.241918e-05	8.986769e-04
## 5	0.06324409	0.02469342	1.350676e-04	0.05371527	1.409146e-05	8.986769e-04
## 6	0.05537106	0.02510980	1.251862e-05	0.04983640	1.494333e-05	8.986769e-04
## 7	0.05371629	0.02643040	7.521232e-04	0.04947289	1.789422e-05	8.986769e-04
## 8	0.05909697	0.03308455	6.578699e-04	0.04397380	2.221577e-05	8.986769e-04
## 9	0.05116303	0.03509059	2.145852e-04	0.06149343	1.133707e-04	2.058181e-05
## 10	0.04905310	0.02809961	4.883837e-04	0.05500777	3.646111e-04	3.702997e-04
## 11	0.05045372	0.02441861	1.252998e-03	0.05632772	3.090011e-04	5.605170e-04
## 12	0.05366088	0.02866177	6.744272e-04	0.04946641	3.761665e-04	1.125901e-04
## 13	0.04585056	0.02647308	0.000000e+00	0.04051117	0.000000e+00	4.628134e-04
## 14	0.04612673	0.03937289	0.000000e+00	0.02702755	0.000000e+00	1.146867e-03
## 15	0.05269992	0.04178556	0.000000e+00	0.02948479	3.035940e-04	3.030613e-03
## 16	0.05617610	0.03702150	0.000000e+00	0.02414996	6.843019e-04	2.024165e-03
## 17	0.06105503	0.02871800	0.000000e+00	0.03327317	2.617887e-03	3.596449e-04
##	abrechnungsjahr	total				
## 1	2002	0.1425264				
## 2	2003	0.1457962				
## 3	2004	0.1378684				
## 4	2005	0.1384257				
## 5	2006	0.1427006				

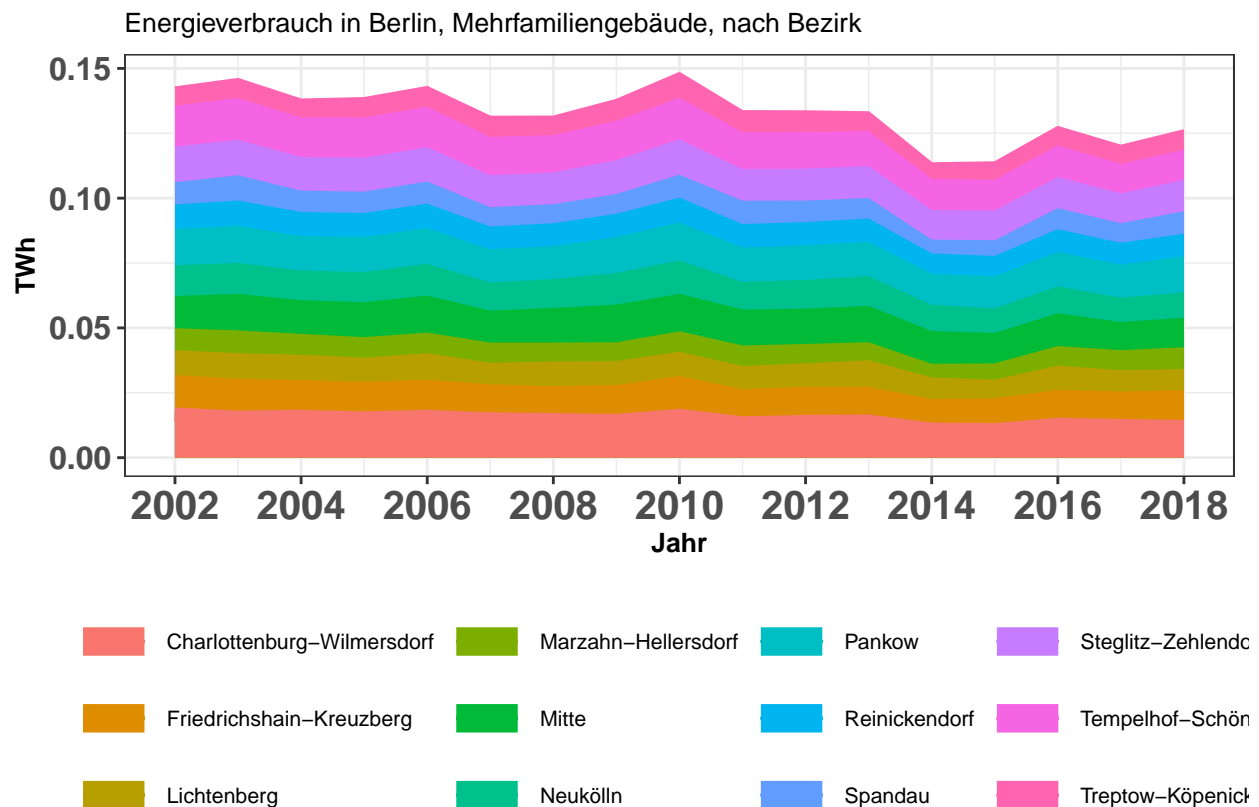


```
## 6      2007 0.1312434
## 7      2008 0.1312883
## 8      2009 0.1377341
## 9      2010 0.1480956
## 10     2011 0.1333838
## 11     2012 0.1333226
## 12     2013 0.1329522
## 13     2014 0.1132976
## 14     2015 0.1136740
## 15     2016 0.1273045
## 16     2017 0.1200560
## 17     2018 0.1260237
```

- Total energy split by bezirk:

```
by_ten_9 <- 1e-9
aes_by_bezirk_TWh_mfh <- by_ten_9 * alle_bezirke_co2$aes_mfh
aes_by_bezirk_TWh_mfh$abrechnungsjahr <- 2002:2018
aes_by_bezirk_TWh_mfh_cumsums <- getCumSums(obj=aes_by_bezirk_TWh_mfh , dropCols = "abrechnungsjahr")

plot_byBezirke(aes_by_bezirk_TWh_mfh_cumsums , xlabel = "Jahr" , ylabel = "TWh" , plottitle="Energieverbr
```



```
aes_by_bezirk_TWh_mfh
```

```
##      abrechnungsjahr charlottenburg_wilmersdorf friedrichshain_kreuzberg
```

## 1	2002	0.01933529	0.012515229
## 2	2003	0.01816366	0.012218521
## 3	2004	0.01848452	0.011438521
## 4	2005	0.01782974	0.011447534
## 5	2006	0.01846693	0.011574484
## 6	2007	0.01748354	0.010779830
## 7	2008	0.01721909	0.010353411
## 8	2009	0.01685448	0.011143920
## 9	2010	0.01885597	0.012550030
## 10	2011	0.01594566	0.010512272
## 11	2012	0.01648278	0.010747914
## 12	2013	0.01665750	0.010586722
## 13	2014	0.01352945	0.009079312
## 14	2015	0.01328969	0.009568512
## 15	2016	0.01539297	0.010734195
## 16	2017	0.01491677	0.010593256
## 17	2018	0.01458006	0.011472131
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf	mitte	neukoelln pankow
## 1	0.009579878	0.008454737	0.01241135 0.011862530 0.01392036
## 2	0.009883823	0.008764301	0.01406228 0.011945977 0.01433577
## 3	0.009803074	0.007996837	0.01294686 0.011450441 0.01326779
## 4	0.009250559	0.007931250	0.01343359 0.011627088 0.01358525
## 5	0.010242935	0.007904576	0.01424872 0.012216720 0.01379361
## 6	0.008321938	0.007787479	0.01231174 0.010822110 0.01281440
## 7	0.009536259	0.007265648	0.01332642 0.011128543 0.01269718
## 8	0.009235142	0.007237604	0.01453240 0.012158735 0.01386704
## 9	0.009423786	0.007880272	0.01441904 0.012854458 0.01471700
## 10	0.008888790	0.007902745	0.01384435 0.010622408 0.01325962
## 11	0.009147532	0.007443258	0.01356920 0.011109775 0.01335597
## 12	0.010324743	0.006925931	0.01400529 0.011442409 0.01323399
## 13	0.008285835	0.005309105	0.01259907 0.010082754 0.01207904
## 14	0.007239829	0.006251151	0.01170277 0.009523335 0.01238807
## 15	0.009377315	0.007514697	0.01262591 0.010349919 0.01330716
## 16	0.008209965	0.007716424	0.01083179 0.009381425 0.01276145
## 17	0.008100082	0.008391492	0.01140470 0.009765141 0.01390368
##	reinickendorf	spandau steglitz_zehlendorf	tempelhof_schoeneberg
## 1	0.009471549	0.008582664	0.01369110 0.01579825
## 2	0.009711464	0.009745358	0.01371173 0.01607078
## 3	0.009253040	0.008246122	0.01299097 0.01520823
## 4	0.009164476	0.008246956	0.01309237 0.01547587
## 5	0.009422856	0.008548826	0.01322546 0.01561431
## 6	0.008736496	0.007455420	0.01234875 0.01474846
## 7	0.008805797	0.007353187	0.01225511 0.01436355
## 8	0.008936164	0.007635188	0.01303614 0.01521362
## 9	0.009502264	0.008830279	0.01365221 0.01604216
## 10	0.009034590	0.009010290	0.01219097 0.01423357
## 11	0.008941495	0.008266981	0.01234102 0.01407107
## 12	0.008971719	0.007896921	0.01231905 0.01353191
## 13	0.007737545	0.005319286	0.01145399 0.01195816
## 14	0.007777542	0.006061498	0.01142470 0.01186568
## 15	0.008744813	0.008107388	0.01201101 0.01220909
## 16	0.008367622	0.007572886	0.01153059 0.01131659
## 17	0.008673890	0.008661564	0.01210402 0.01164666
##	treptow_koepenick		

```
## 1      0.006903512
## 2      0.007182483
## 3      0.006782011
## 4      0.007341003
## 5      0.007441189
## 6      0.007633229
## 7      0.006984076
## 8      0.007883653
## 9      0.009368116
## 10     0.007938503
## 11     0.007845561
## 12     0.007056063
## 13     0.005864064
## 14     0.006581269
## 15     0.006929996
## 16     0.006857265
## 17     0.007320309
```

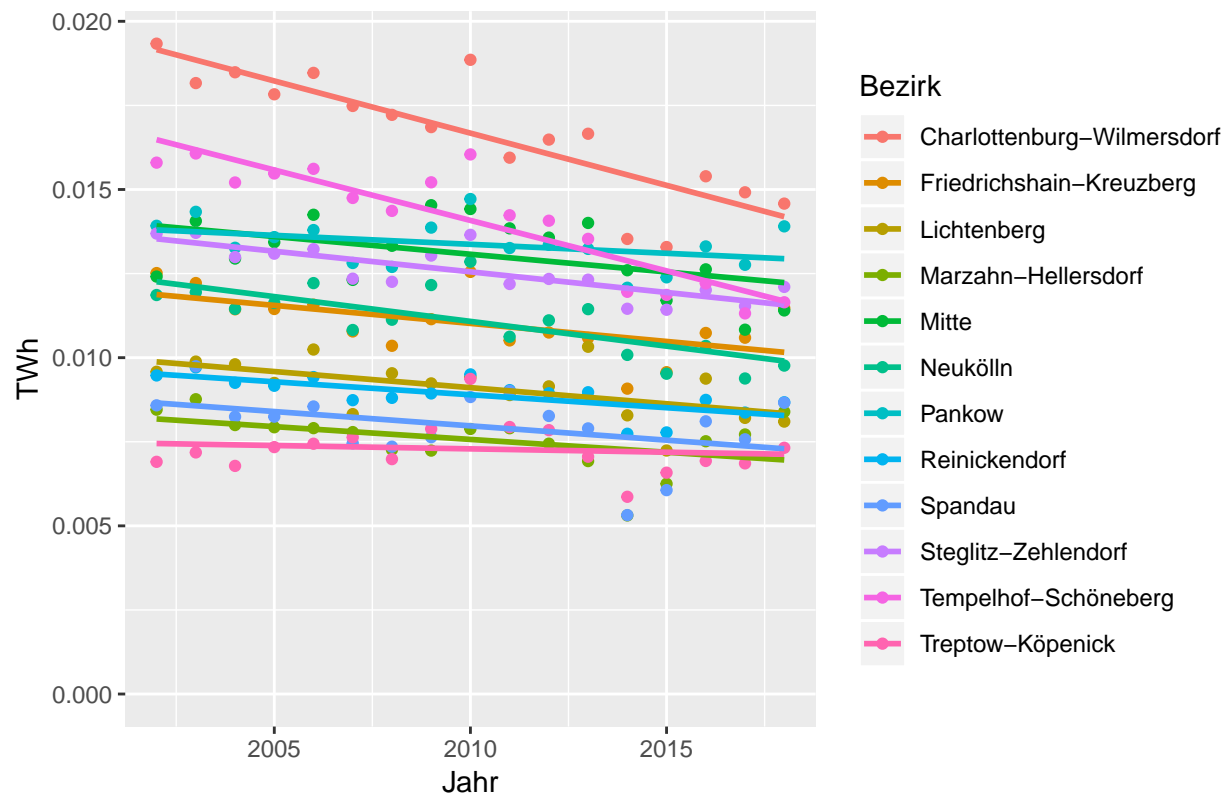
```
i_subsection <- i_subsection+1
```

## 6.2. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude Wohngebäude, Heizenergieverbrauch 2002 - 2018

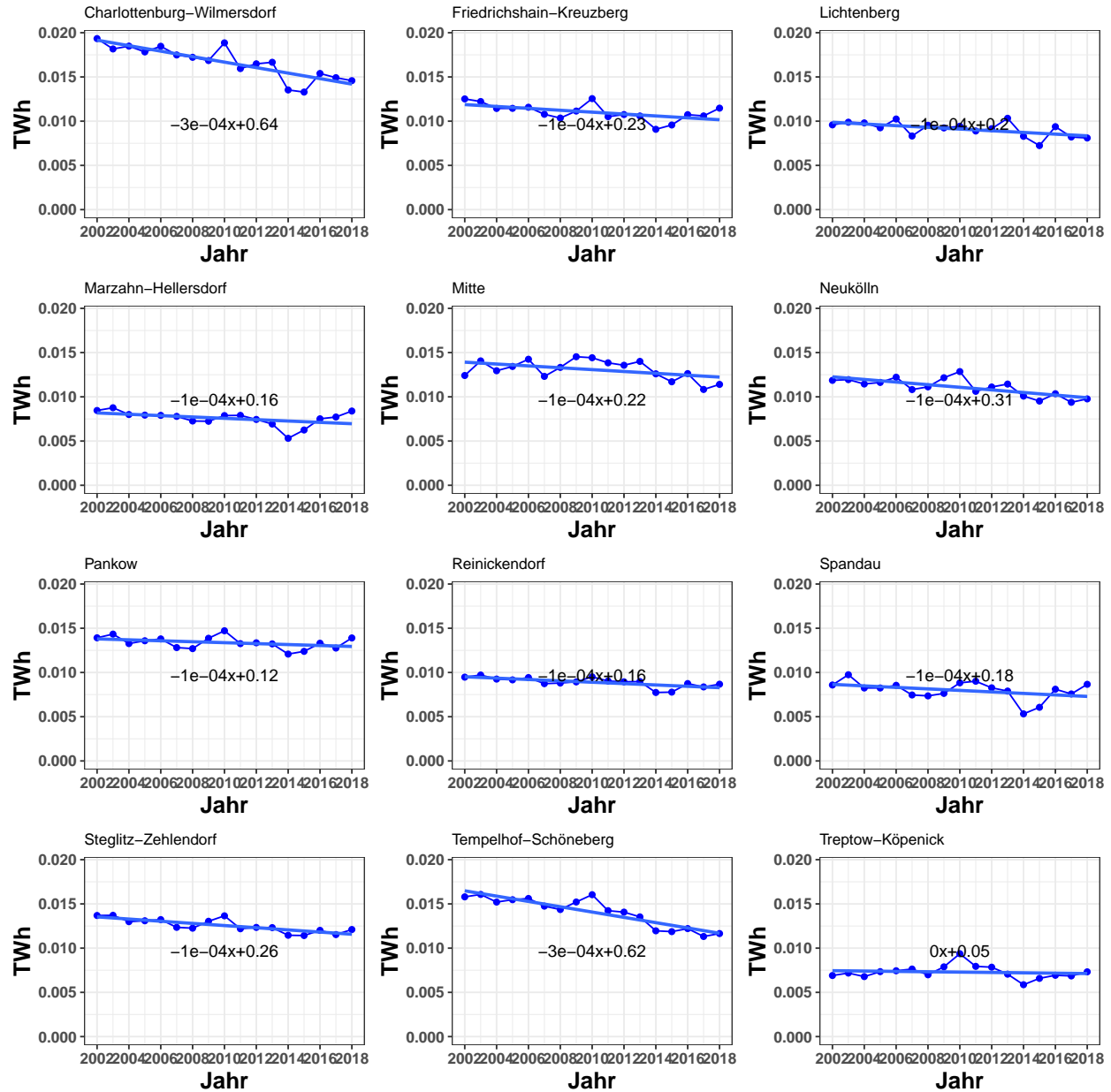
(Eine Grafik: Heizenergieverbrauch aller 12 Bezirke in einer Grafik) One Graph: All 12 lines in a single graph.

```
plot_reqdColumns(aes_by_bezirk_TWh_mfh,
  xVar = "abrechnungsjahr",
  cols_to_plot = names(aes_by_bezirk_TWh_mfh) [!(names(aes_by_bezirk_TWh_mfh) %in% c("abrechnungsjahr", "Bezirk"))],
  yColsName = "Bezirk",
  yVar = "Energy in TWh",
  xlab = "Jahr",
  ylab = "TWh",
  plot_title = "Energieverbrauch in Stadtbezirken, Mehrfamiliengebäude")
```

## Energieverbrauch in Stadtbezirken, Mehrfamiliengebäude



```
max_aes_value <- max(aes_by_bezirk_TWh_mfh[ , names(aes_by_bezirk_TWh_mfh)[!(names(aes_by_bezirk_TWh_mfh) %in% "abrechnungsjahr")]), na.rm=TRUE)
require(ggplot2)
g_aes_bezirk <- list()
for (ii in 1:12) {
  g_aes_bezirk[[ii]] <- points_line_lm(input_data = aes_by_bezirk_TWh_mfh,
    xVar = "abrechnungsjahr",
    yVar = bezirk_list[ii],
    ymin=0,
    ymax=max_aes_value,
    x_eq = 2010,
    y_eq = 0.5*max_aes_value,
    size_eq = 4,
    plot_title = bezirk_name[ii],
    xlab = "Jahr",
    ylab = "TWh",
    slope_round_to = 4,
    intercept_round_to = 2)
}
require(grid)
require(gridExtra)
grid.arrange(g_aes_bezirk[[1]],g_aes_bezirk[[2]],g_aes_bezirk[[3]],g_aes_bezirk[[4]],
  g_aes_bezirk[[5]],g_aes_bezirk[[6]],g_aes_bezirk[[7]],g_aes_bezirk[[8]],
  g_aes_bezirk[[9]],g_aes_bezirk[[10]],g_aes_bezirk[[11]],g_aes_bezirk[[12]],ncol=3)
```



aes\_by\_bezirk\_TWh\_mfh

##	abrechnungsjahr	charlottenburg_wilmersdorf	friedrichshain_kreuzberg
## 1	2002	0.01933529	0.012515229
## 2	2003	0.01816366	0.012218521
## 3	2004	0.01848452	0.011438521
## 4	2005	0.01782974	0.011447534
## 5	2006	0.01846693	0.011574484
## 6	2007	0.01748354	0.010779830
## 7	2008	0.01721909	0.010353411
## 8	2009	0.01685448	0.011143920
## 9	2010	0.01885597	0.012550030
## 10	2011	0.01594566	0.010512272

## 11	2012	0.01648278	0.010747914
## 12	2013	0.01665750	0.010586722
## 13	2014	0.01352945	0.009079312
## 14	2015	0.01328969	0.009568512
## 15	2016	0.01539297	0.010734195
## 16	2017	0.01491677	0.010593256
## 17	2018	0.01458006	0.011472131
##	lichtenberg marzahn_hellersdorf mitte neukoelln pankow		
## 1	0.009579878 0.008454737 0.01241135 0.011862530 0.01392036		
## 2	0.009883823 0.008764301 0.01406228 0.011945977 0.01433577		
## 3	0.009803074 0.007996837 0.01294686 0.011450441 0.01326779		
## 4	0.009250559 0.007931250 0.01343359 0.011627088 0.01358525		
## 5	0.010242935 0.007904576 0.01424872 0.012216720 0.01379361		
## 6	0.008321938 0.007787479 0.01231174 0.010822110 0.01281440		
## 7	0.009536259 0.007265648 0.01332642 0.011128543 0.01269718		
## 8	0.009235142 0.007237604 0.01453240 0.012158735 0.01386704		
## 9	0.009423786 0.007880272 0.01441904 0.012854458 0.01471700		
## 10	0.008888790 0.007902745 0.01384435 0.010622408 0.01325962		
## 11	0.009147532 0.007443258 0.01356920 0.011109775 0.01335597		
## 12	0.010324743 0.006925931 0.01400529 0.011442409 0.01323399		
## 13	0.008285835 0.005309105 0.01259907 0.010082754 0.01207904		
## 14	0.007239829 0.006251151 0.01170277 0.009523335 0.01238807		
## 15	0.009377315 0.007514697 0.01262591 0.010349919 0.01330716		
## 16	0.008209965 0.007716424 0.01083179 0.009381425 0.01276145		
## 17	0.008100082 0.008391492 0.01140470 0.009765141 0.01390368		
##	reinickendorf spandau steglitz_zehlendorf tempelhof_schoeneberg		
## 1	0.009471549 0.008582664 0.01369110 0.01579825		
## 2	0.009711464 0.009745358 0.01371173 0.01607078		
## 3	0.009253040 0.008246122 0.01299097 0.01520823		
## 4	0.009164476 0.008246956 0.01309237 0.01547587		
## 5	0.009422856 0.008548826 0.01322546 0.01561431		
## 6	0.008736496 0.007455420 0.01234875 0.01474846		
## 7	0.008805797 0.007353187 0.01225511 0.01436355		
## 8	0.008936164 0.007635188 0.01303614 0.01521362		
## 9	0.009502264 0.008830279 0.01365221 0.01604216		
## 10	0.009034590 0.009010290 0.01219097 0.01423357		
## 11	0.008941495 0.008266981 0.01234102 0.01407107		
## 12	0.008971719 0.007896921 0.01231905 0.01353191		
## 13	0.007737545 0.005319286 0.01145399 0.01195816		
## 14	0.007777542 0.006061498 0.01142470 0.01186568		
## 15	0.008744813 0.008107388 0.01201101 0.01220909		
## 16	0.008367622 0.007572886 0.01153059 0.01131659		
## 17	0.008673890 0.008661564 0.01210402 0.01164666		
##	treptow_koepenick		
## 1	0.006903512		
## 2	0.007182483		
## 3	0.006782011		
## 4	0.007341003		
## 5	0.007441189		
## 6	0.007633229		
## 7	0.006984076		
## 8	0.007883653		
## 9	0.009368116		
## 10	0.007938503		

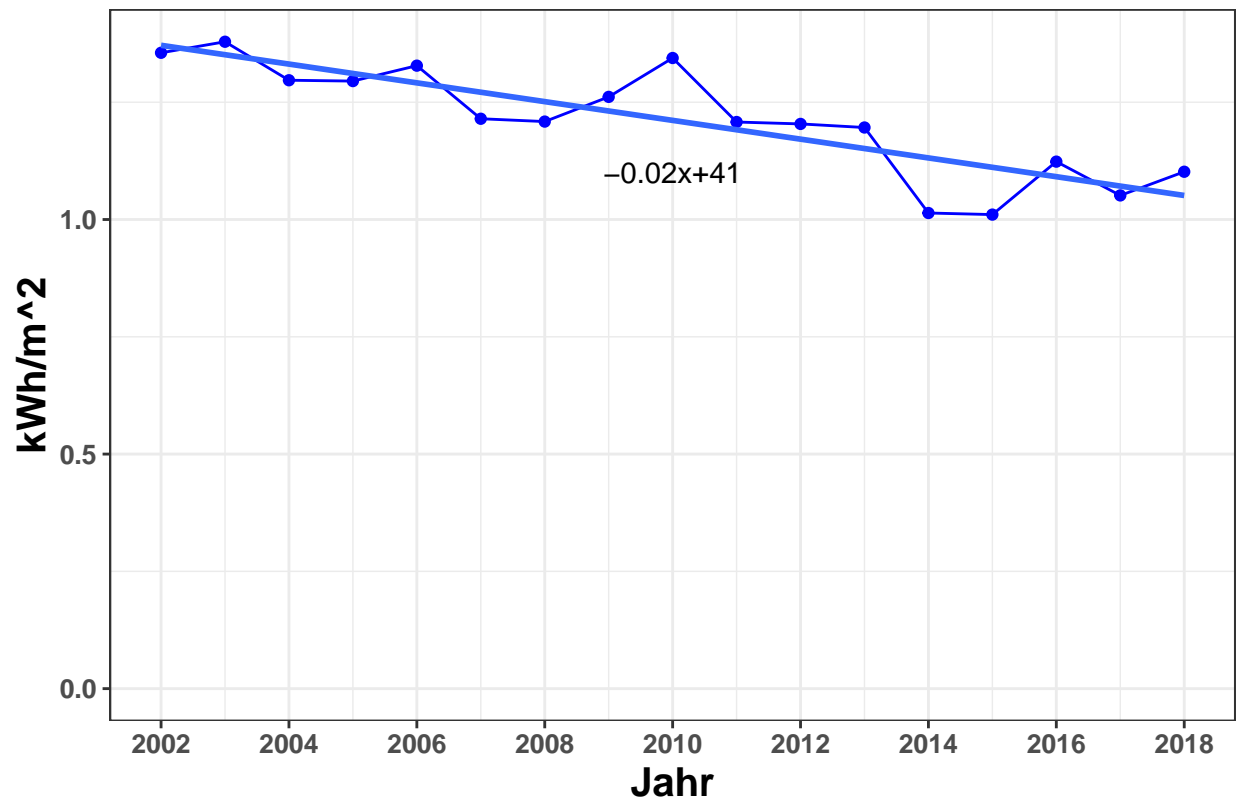
```
## 11      0.007845561
## 12      0.007056063
## 13      0.005864064
## 14      0.006581269
## 15      0.006929996
## 16      0.006857265
## 17      0.007320309
```

```
i_subsection <- i_subsection+1
```

### 6.3. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch 2002 - 2018 in kWh/(m<sup>2</sup>[AN]\*a)

```
spz_verbrauch_mfh <- data.frame(abrechnungsjahr=2002:2018,
                                kWh_per_m2 = 1e9 * aes_by_ET_TWh_mfh$total/bezirk_areas_mfh$total)
points_line_lm(input_data = spz_verbrauch_mfh,
               xVar = "abrechnungsjahr",
               yVar = "kWh_per_m2",
               ymin = 0,
               ymax = max(spz_verbrauch_mfh$kWh_per_m2),
               x_eq = 2010,
               y_eq = 1.1,
               size_eq = 4,
               plot_title = "Spezifischer Energieverbrauch in Berlin, Mehrfamiliengebäude",
               xlab = "Jahr",
               ylab = "kWh/m^2")
```

Spezifischer Energieverbrauch in Berlin, Mehrfamiliengebäude



```
spz_verbrauch_mfh
```

```
##   abrechnungsjahr kWh_per_m2
## 1      2002      1.355413
## 2      2003      1.378949
## 3      2004      1.296899
## 4      2005      1.295119
## 5      2006      1.327955
## 6      2007      1.214820
## 7      2008      1.208787
## 8      2009      1.261440
## 9      2010      1.344272
## 10     2011      1.207850
## 11     2012      1.203776
## 12     2013      1.196135
## 13     2014      1.013875
## 14     2015      1.010525
## 15     2016      1.123399
## 16     2017      1.051367
## 17     2018      1.101846
```

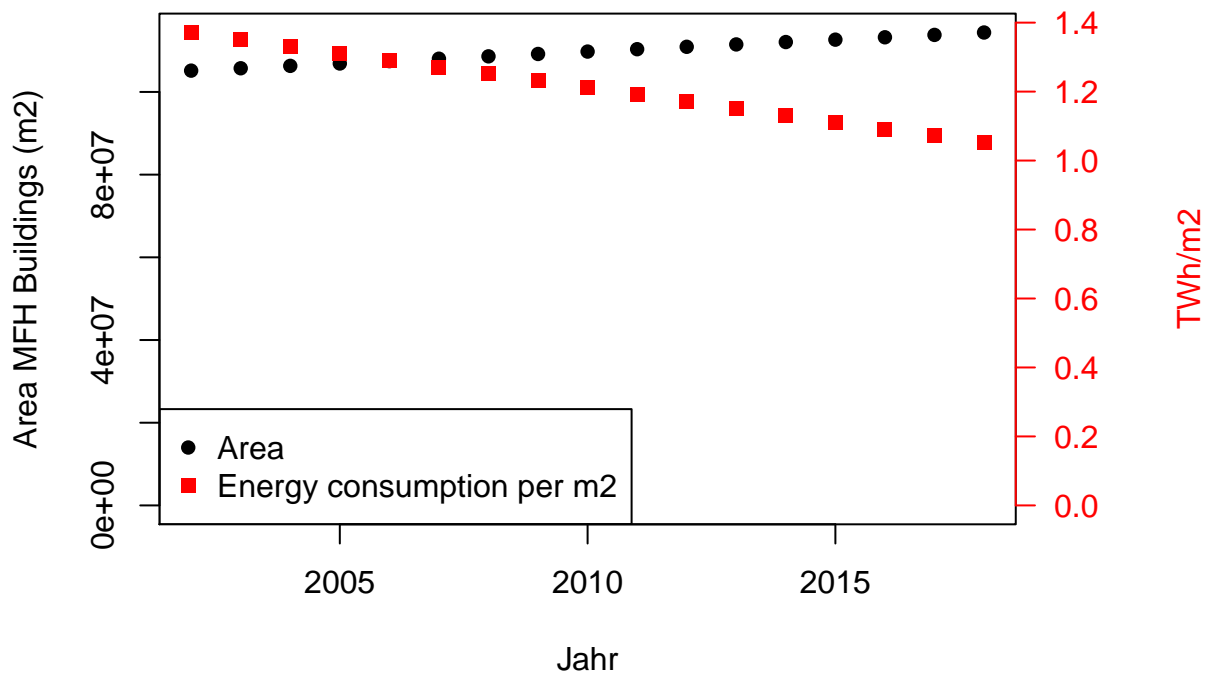
```
i_subsection <- i_subsection+1
```



#### 6.4. Stadtbezirke, Mehrfamiliengebäude, flächenbezogener Heizenergieverbrauch und beheizte Wohnfläche 2002 - 2018

Plot of the MFH area (to be combined with the specific energy consumption into one picture):

```
plot_dualPlot(bezirk_areas_mfh$total,  
              spz_verbrauch_mfh$kWh_per_m2,  
              2002:2018,  
              "Jahr",  
              "Area MFH Buildings (m2)",  
              "TWh/m2",  
              "Area",  
              "Energy consumption per m2")
```



```
data.frame(Jahr=2002:2018,  
           area= bezirk_areas_mfh$total,  
           spez_verbrauch = spz_verbrauch_mfh$kWh_per_m2)
```

##	Jahr	area	spez_verbrauch
## 1	2002	105153529	1.355413
## 2	2003	105729875	1.378949
## 3	2004	106306221	1.296899
## 4	2005	106882568	1.295119
## 5	2006	107458914	1.327955
## 6	2007	108035261	1.214820

##	7	2008	108611607	1.208787
##	8	2009	109187954	1.261440
##	9	2010	110167900	1.344272
##	10	2011	110430700	1.207850
##	11	2012	110753600	1.203776
##	12	2013	111151500	1.196135
##	13	2014	111747100	1.013875
##	14	2015	112490100	1.010525
##	15	2016	113320800	1.123399
##	16	2017	114190400	1.051367
##	17	2018	114375071	1.101846